

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN  
MONOS CARA BLANCA (*Cebus imitator*) DE CENTROS DE MANEJO *EX SITU* EN  
ROATÁN, ISLAS DE LA BAHÍA, HONDURAS.

**POR:**

**OLMAN FERNANDO ESPINAL MENDEZ**

INFORME DE TESIS



**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS, C.A.**

**NOVIEMBRE, 2025**

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN  
MONOS CARA BLANCA (*Cebus imitator*) DE CENTROS DE MANEJO *EX SITU* EN  
ROATÁN, ISLAS DE LA BAHÍA, HONDURAS.

POR:

**OLMAN FERNANDO ESPINAL MENDEZ**

**CYNTHIA SARAHI RAMOS FIGUEROA M.S.c**

ASESOR PRINCIPAL

**YENNYFER SAHARAI DÍAZ MARADIAGA M.S.c**

**JUAN PABLO SUAZO EUCEDA PhD.**

ASESORES SECUNDARIOS

INFORME DE TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS, C.A.**

**NOVIEMBRE, 2025**

## DEDICATORIA

Dios, en su silencio, siempre tuvo un propósito. A veces la vida parece moverse por azar, pero con el tiempo uno comprende que cada prueba y cada encuentro fueron necesarios para llegar hasta aquí.

A mi madre, **Mary Yohana Mendez**, por su ternura inagotable y por ser el refugio al que siempre puedo volver. En su amor aprendí la fuerza de la fe y la suavidad del alma. A mi padre, **Olman Porfirio Espinal**, por enseñarme que nada se obtiene sin esfuerzo, y por estar siempre, incluso en la distancia, con su apoyo firme y su orgullo silencioso.

A mis abuelos **Santos César Méndez**, **María Otilia Amador** y **Clementina Galeas**, raíces vivas de mi historia, cuya paciencia, cariño y sabiduría son faros que guían mi camino. A mis mejores amigos **Viviam Irene Nolasco** y **Jorge Barahona**, por su amistad y por recordarme que a pesar de la distancia cuento con un hogar.

A todos aquellos que, sin saberlo, encendieron mi curiosidad por la vida: los documentales y las voces que me hablaron de selvas, océanos y criaturas que el mundo olvida. De ellos nació mi amor por los animales, por la vida silvestre y por la ciencia; de ellos, la fascinación que me trajo hasta aquí.

Y, sobre todo, a **Deiry Loana Pinot**. Porque en su amor aprendí que la fuerza también puede ser dulzura y que la fe se demuestra al creer en otro. Su pasión por lo que ama me inspira, su presencia da sentido a mis pasos. Ella no solo acompaña mi historia: la vuelve más digna de contarse.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme guiado en cada paso y por darme la fortaleza necesaria para superar los desafíos que me han traído hasta aquí.

A mi madre, **Mary Yohana Mendez**, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi refugio en los momentos difíciles. A mi padre, **Olman Porfirio Espinal**, por estar siempre presente a pesar de la distancia, brindándome su confianza y respaldo en cada etapa de mi vida.

A mi abuelo **Santos César Mendez**, quien ha sido mi figura paterna desde la infancia, por su ejemplo y dedicación. A mi abuela **María Otilia Amador**, que ha sido como una segunda madre para mí, por su cariño y cuidado desde pequeño. A mi abuela **Clementina Galeas**, porque siempre es una alegría visitarla en el sur y porque con su presencia mantiene unida a la familia. A toda mi familia presente, gracias por creer en mí y por acompañarme en este camino.

A todos mis amigos, aunque no pueda mencionarlos a todos, sepan que cada uno ocupa un lugar importante. La distancia y el tiempo nunca han sido barreras para su amistad; siempre tendrán en mí un amigo presente. A mis mejores amigos, **Viviam** más que una amiga, una hermana con quien he compartido momentos inolvidables y una amistad que deseo perdure siempre. **Jorge**, un hermano de otra madre, apasionado del baloncesto, mi compañero de jugadas y de vida, aunque estemos lejos. A la presidenta de sección **Katy Dominguez** gran líder y colega. Al Lic. **Johan Molina** que con su amistad y dedicación fue un gran apoyo.

A mi maestra **Andrea Salgado**, quien siempre será una de mis mayores influencias académicas. Gracias por su dedicación, por sus enseñanzas y por ayudarme a crecer como persona y profesional.

A mis asesores, **Dra. Cynthia Ramos, Juan Pablo Suazo PhD. y Dra. Yennyfer Díaz**, por su orientación, sus conocimientos, su paciencia y su apoyo constante. Gracias por creer en este proyecto y acompañarme en su desarrollo.

Agradezco también al **Instituto de Conservación Forestal (ICF)**, especialmente a la oficina regional de Islas de la Bahía, y a su jefa regional **Martha Medrano, Sailim Martínez, Daniel Cruz** y a los muchachos de la oficina, por abrirme las puertas y permitirme realizar mi servicio social en un entorno tan especial, donde la fauna silvestre es protagonista y fuente de inspiración.

Mi gratitud también para los centros de manejo de vida silvestre que colaboraron en la realización de mi investigación: **Maya Key Roatán, Daniel Johnson's Monkey & Sloth Hangout y Mayan Jungle Canopy**, por su disposición, amabilidad y por facilitarme el acceso para llevar a cabo este trabajo. A la **Clínica Veterinaria del Bosque** por su apoyo, disposición y amabilidad.

Y, con un agradecimiento especial, a **Deiry Loana Pinot**. Por acompañarme en cada etapa de este proceso, por su paciencia, su comprensión y su fe inquebrantable en mí. Por motivarme a seguir adelante incluso en los días más difíciles, por celebrar cada logro como si fuera suyo y por recordarme que los sueños valen la pena cuando se comparten con amor. Su presencia ha sido inspiración, equilibrio y motivo constante para ser mejor.

Finalmente, a todos aquellos que me inspiraron, que despertaron en mí la pasión por los animales y por la vida silvestre. A quienes, de una u otra manera, influyeron en este camino que elegí con convicción y que sigo con gratitud y esperanza. Gracias por formar parte de la historia que me impulsa a continuar, sea cual sea el rumbo, siempre adelante.

Espinal Mendez, O.F. 2025. Evaluación de parámetros hematológicos y bioquímicos en monos cara blanca (*Cebus imitator*) de centros de manejo *ex situ* en Roatán, Islas de la Bahía, Honduras.

## Resumen

El mono cara blanca (*Cebus imitator*) es una especie neotropical ampliamente distribuida en Centroamérica, reconocida por su inteligencia, adaptabilidad y compleja organización social. En Roatán, Islas de la Bahía, varios individuos son mantenidos en centros de manejo *ex situ* con fines de conservación, rehabilitación y educación ambiental. Con el propósito de conocer su condición fisiológica, se evaluaron 30 individuos provenientes de tres centros (Maya Key Roatán, Daniel Johnson's Monkey & Sloth Hangout y Mayan Jungle Canopy), analizando trece parámetros hematológicos y seis bioquímicos según sexo, edad y factores preanalíticos. Los resultados mostraron valores dentro de los rangos fisiológicos reportados para la especie. No se evidenciaron diferencias significativas entre sexos, aunque los adultos presentaron un mayor conteo eritrocitario, mientras que los juveniles mostraron una mayor actividad de fosfatasa alcalina, relacionada con procesos de crecimiento. Entre los protocolos anestésicos, tiletamina-zolazepam y ketamina-dexmedetomidina hubo relación en leucocitos, plaquetas y proteínas totales. Asimismo, en los factores preanalíticos se observó una correlación positiva entre el nitrógeno ureico y el tiempo de procesamiento, y negativa entre este y la glucosa. En general, los individuos mostraron un estado fisiológico estable, evidenciando un manejo adecuado en los centros evaluados y resaltando la importancia de estandarizar los procedimientos anestésicos y preanalíticos para optimizar la evaluación clínica y el bienestar de primates bajo manejo *ex situ*.

**Palabras clave:** *Cebus imitator*; hematología; bioquímica sanguínea; anestesia; factores preanalíticos; manejo *ex situ*.

## TABLA DE CONTENIDO

|       |                                                                                |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | INTRODUCCIÓN                                                                   | 1  |
| II.   | OBJETIVOS                                                                      | 3  |
| III.  | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                                                     | 4  |
| IV.   | HIPÓTESIS                                                                      | 5  |
| V.    | REVISIÓN DE LITERATURA                                                         | 6  |
| 5.1   | Antecedentes de estudios hematológicos y bioquímicos en primates neotropicales | 6  |
| 5.2   | Taxonomía de <i>Cebus imitator</i>                                             | 8  |
| 5.3   | Estado de conservación de <i>Cebus imitator</i>                                | 8  |
| 5.4   | Hematología en Veterinaria                                                     | 9  |
| 5.4.1 | El hemograma                                                                   | 9  |
| 5.4.2 | Variaciones normales en el cuadro sanguíneo                                    | 10 |
| 5.4.3 | Variaciones clínicas en el cuadro sanguíneo                                    | 10 |
| 5.5   | Bioquímica sanguínea en Veterinaria                                            | 11 |
| 5.5.1 | Variaciones normales en el cuadro bioquímico                                   | 11 |
| 5.5.2 | Variaciones clínicas en el cuadro bioquímico                                   | 12 |
| 5.6   | Hematología y bioquímica en primates neotropicales                             | 12 |
| 5.6.1 | Género <i>Cebus</i>                                                            | 12 |
| 5.6.2 | Género <i>Sapajus</i>                                                          | 13 |
| 5.6.3 | Otros primates neotropicales                                                   | 15 |
| VI.   | MATERIALES Y MÉTODOS                                                           | 16 |
| 6.1.  | Descripción de los sitios de investigación                                     | 16 |
| 6.2.  | Enfoque metodológico y diseño del estudio                                      | 17 |
| 6.3.  | Población y muestra                                                            | 17 |
|       |                                                                                | 7  |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 6.4. Materiales y equipo                                   | 17 |
| 6.5. Metodología                                           | 18 |
| 6.5.1. Protocolo de sedación e inmovilización              | 18 |
| 6.5.2. Obtención de muestras                               | 20 |
| 6.5.3. Procesamiento de muestras                           | 20 |
| 6.6. Variables e indicadores                               | 20 |
| 6.7. Plan de análisis estadístico                          | 21 |
| 6.7.1. Análisis descriptivo                                | 21 |
| 6.7.2. Análisis comparativo                                | 21 |
| 6.7.3. Análisis de correlación y factores preanalíticos    | 22 |
| 6.8. Bioseguridad y bienestar animal                       | 22 |
| VII. RESULTADOS                                            | 23 |
| 7.1 Comparativa entre centros de manejo <i>ex situ</i>     | 24 |
| 7.1.1 Hematología comparativa entre centros                | 24 |
| 7.1.2 Bioquímica comparativa entre centros                 | 26 |
| 7.2 Comparativa entre sexos                                | 29 |
| 7.2.1 Hematología comparativa entre sexos                  | 29 |
| 7.2.2 Bioquímica comparativa entre sexos                   | 31 |
| 7.3 Comparativa entre estadios etarios                     | 32 |
| 7.3.1 Hematología comparativa entre estadios etarios       | 32 |
| 7.3.2 Bioquímica comparativa entre estadios etarios        | 34 |
| 7.4 Comparativa entre factores preanalíticos               | 35 |
| 7.4.1 Hematología comparativa entre protocolos anestésicos | 37 |
| 7.4.2 Bioquímica comparativa entre protocolos anestésicos  | 38 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 7.4.3 Correlación entre factores preanalíticos | 40 |
| VIII. DISCUSIÓN                                | 42 |
| 8.1 Hematología entre centros                  | 42 |
| 8.2 Bioquímica entre centros                   | 44 |
| 8.3 Hematología entre sexos                    | 46 |
| 8.4 Bioquímica entre sexos                     | 47 |
| 8.5 Hematología entre estadios etarios         | 47 |
| 8.6 Bioquímica entre estadios estarios         | 48 |
| 8.7 Hematología entre protocolos anestésicos   | 49 |
| 8.8 Bioquímica entre protocolos anestésicos    | 50 |
| 8.9 Factores preanalíticos                     | 51 |
| IX. CONCLUSIONES                               | 54 |
| X. RECOMENDACIONES                             | 55 |
| XI. BIBLIOGRAFÍA                               | 56 |
| XII. ANEXOS                                    | 61 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Parámetros hematológicos de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) en centros de manejo de vida silvestre ex situ.       | 24 |
| <b>Tabla 2.</b> Parámetros bioquímicos de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) en centros de manejo de vida silvestre ex situ.         | 26 |
| <b>Tabla 3.</b> Parámetros hematológicos en machos y hembras de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                          | 29 |
| <b>Tabla 4.</b> Parámetros bioquímicos en machos y hembras de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                            | 31 |
| <b>Tabla 5.</b> Parámetros hematológicos entre estadíos etarios de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                       | 32 |
| <b>Tabla 6.</b> Parámetros bioquímicos entre estadíos etarios de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                         | 34 |
| <b>Tabla 7.</b> Parámetros hematológicos según protocolo anestésico en mono carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                    | 37 |
| <b>Tabla 8.</b> Parámetros bioquímicos según protocolo anestésico en mono carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) ex situ.                      | 38 |
| <b>Tabla 9.</b> Factores preanalíticos y parámetros fisiológicos de monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ) en centros de manejo ex situ. | 40 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación de los Centros de Manejo de Vida Silvestre Autorizados destinados al estudio, Roatan, Honduras. (QGIS) | 16 |
| <b>Figura 2.</b> Comparación de eosinófilos por centro.                                                                           | 25 |
| <b>Figura 3.</b> Comparación de conteo total de leucocitos por centro.                                                            | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Comparación de nitrógeno ureico en sangre por centro.                                                            | 27 |
| <b>Figura 5.</b> Comparación glucosa por centro.                                                                                  | 28 |
| <b>Figura 6.</b> Comparación de proteínas totales por centro.                                                                     | 28 |
| <b>Figura 7.</b> Diferencia de concentración hemoglobina corpuscular media entre machos y hembras.                                | 30 |
| <b>Figura 8.</b> Diferencia de conteo de eritrocitos estadio etario.                                                              | 33 |
| <b>Figura 9.</b> Diferencia de fosfatasa alcalina entre estadios etarios.                                                         | 35 |
| <b>Figura 10.</b> Diferencia de conteo de leucocitos totales entre protocolos anestésicos.                                        | 38 |
| <b>Figura 11.</b> Diferencia de fosfatasa alcalina entre protocolos anestésicos.                                                  | 39 |
| <b>Figura 12.</b> Diferencia de proteínas totales entre protocolos anestésicos.                                                   | 40 |
| <b>Figura 13.</b> Correlación lineal de nitrógeno ureico en sangre y glucosa entre lapso preanalítico (mins)                      | 41 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Formato de toma de muestra en Monos Carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ).                  | 62 |
| <b>Anexo 2.</b> Imágenes del desarrollo de la investigación en monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ). | 64 |

## LISTA DE IMÁGENES

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Imágen 1.</b> Preparación de equipo para realizar contención química con dardos.                                                                         | 64 |
| <b>Imágen 2.</b> Preparación de jeringas con dosis de Ketamina+Dexmedetomidina y antagonista atipemazol con dosis de acuerdo al cálculo aproximado de peso. | 64 |
| <b>Imágen 3.</b> Guías de contención química utilizadas para calcular la dosis de anestésicos en monos carablanca ( <i>Cebus imitator</i> ).                | 65 |
| <b>Imágen 4.</b> Movilización a recintos para proceder a la sedación y armado de dardos para utilizar en cerbatana.                                         | 65 |
| <b>Imágen 5.</b> Utilización de cerbatana (blowpipe) a una distancia prudente para realizar la contención química de los individuos.                        | 66 |
| <b>Imágen 6.</b> Tiempo de espera de reacción del anestésico en el organismo y captura para evitar lesiones por caída.                                      | 66 |
| <b>Imágen 7.</b> Contención física mediante red y jaula de presión paara posteriormente realizar contención química en los individuos.                      | 67 |
| <b>Imágen 8.</b> Toma de muestra en los diferentes centros de manejo de vida silvestre ex situ (Maya Key, Daniel Johnson's Monkey and Sloth y Mayan Jungle) | 67 |
| <b>Imágen 9.</b> Registro de datos en el formato correspondiente al estudio y en el formato correspondiente a cada centro.                                  | 68 |
| <b>Imágen 10.</b> Toma de parámetros fisiológicos.                                                                                                          | 68 |
| <b>Imágen 11.</b> Monitorización de recuperación post - anestesia de los individuos intervenidos para toma de muestra.                                      | 69 |
| <b>Imágen 12.</b> Centrifugado de muestras para la separación del suero. 1500rpm por 10mins.                                                                | 69 |
| <b>Imágen 13.</b> Procesamiento de muestra sangre entera en microtubos EDTA para hemograma y procesamiento de suero sanguíneo para perfil bioquímico.       | 70 |
| <b>Imágen 14.</b> Máquinas analizadoras automáticas utilizadas: ProCyte One y Catalyst One.                                                                 | 70 |

## GLOSARIO

**ALP (Fosfatasa alcalina):** enzima de origen hepático y óseo; su aumento puede indicar crecimiento o alteraciones hepáticas.

**ALT (Alanina aminotransferasa):** enzima hepática relacionada con el metabolismo de aminoácidos; se eleva ante daño hepático o muscular.

**Basófilos:** glóbulos blancos que participan en reacciones alérgicas y liberación de histamina.

**Bioquímica sanguínea:** estudio de los componentes químicos de la sangre para evaluar la función metabólica y orgánica.

**BUN (Nitrógeno ureico en sangre):** producto del metabolismo proteico usado como indicador de función renal e hidratación.

**Catecolaminas:** hormonas como la adrenalina y noradrenalina liberadas durante estrés; elevan frecuencia cardíaca y glucosa.

**CHCM (Concentración de hemoglobina corpuscular media):** cantidad de hemoglobina contenida en un volumen determinado de eritrocitos.

**CITES:** Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

**Creatinina:** compuesto resultante del metabolismo muscular; su concentración refleja la filtración renal.

**Dexmedetomidina:** sedante y analgésico agonista alfa<sub>2</sub>-adrenérgico que disminuye la actividad simpática.

**Eosinófilos:** glóbulos blancos vinculados con infecciones parasitarias y reacciones alérgicas.

**Eritrocitos:** glóbulos rojos encargados del transporte de oxígeno y dióxido de carbono.

**Etario:** relativo a la edad o a los grupos de edad.

**Ex situ:** fuera del hábitat natural; se refiere a individuos mantenidos bajo cuidado humano.

**Fosfatasa alcalina (ALP):** enzima relacionada con procesos óseos y hepáticos; elevada en crecimiento o colestasis.

**Glucosa:** principal fuente de energía celular; su concentración refleja el equilibrio metabólico.

**Hematocrito (HCT):** porcentaje del volumen total de sangre ocupado por glóbulos rojos.

**Hematología:** estudio de los elementos formes de la sangre y sus alteraciones.

**Hemoglobina (HGB):** proteína de los glóbulos rojos que transporta oxígeno a los tejidos.

**Hemoglobina corpuscular media (HCM):** cantidad promedio de hemoglobina contenida en cada eritrocito.

**Hemoconcentración:** aumento relativo de componentes sólidos en sangre por pérdida de plasma o deshidratación.

**Homeostasis:** equilibrio interno del organismo frente a cambios externos.

**IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza):** organización que evalúa el estado de conservación de las especies a nivel global.

**Ketamina:** anestésico disociativo que induce sedación, analgesia y aumenta la actividad simpática.

**Leucocitos:** glóbulos blancos responsables de la defensa inmunitaria.

**Linfocitos:** glóbulos blancos encargados de la respuesta inmunitaria adaptativa.

**Monocitos:** glóbulos blancos que fagocitan patógenos y se convierten en macrófagos.

**Neotropical:** referente a la región biogeográfica que abarca América Central, del Sur y el Caribe.

**Neutrófilos:** glóbulos blancos que actúan como primera línea de defensa ante infecciones bacterianas.

**Parámetro hematológico:** valor que describe la composición celular de la sangre.

**Plaquetas (PLT):** fragmentos celulares que intervienen en la coagulación y reparación vascular.

**Preanalítico:** etapa del proceso de laboratorio que abarca desde la toma hasta el procesamiento de la muestra.

**Protocolo anestésico:** combinación de fármacos y dosis utilizadas para inducir sedación o anestesia.

**Tiletamina-zolazepam:** combinación anestésica disociativa que produce inmovilización y relajación muscular.

**Valor atípico:** dato que se desvía notablemente del resto de las observaciones de un conjunto.

**VCM (Volumen corpuscular medio):** medida del tamaño promedio de los glóbulos rojos.

## I. INTRODUCCIÓN

El mono cara blanca (*Cebus imitator*), distribuido en Centroamérica, fue reconocido como especie distinta tras evidencias moleculares que confirman su separación de *Cebus capucinus* (Alfonso Zabala 2024). Aun así, los valores hematológicos disponibles provienen principalmente de especies relacionadas como *Cebus capucinus*, *Cebus albifrons*, y *Sapajus apella*, en las cuales diversos estudios han reportado variaciones en hemogramas y perfiles sanguíneos según edad, sexo y manejo (Jaramillo Gallego y Pérez Roldan 2007).

La hematología y la bioquímica sanguínea son herramientas fundamentales en medicina veterinaria, ya que permiten evaluar el estado fisiológico, detectar alteraciones clínicas y orientar decisiones diagnósticas. En primates neotropicales mantenidos en centros de manejo *ex situ*, estos análisis resultan especialmente útiles para monitorear los efectos del cautiverio, la dieta y el estrés. En este contexto, los manuales técnicos de manejo de capuchinos constituyen una referencia fundamental sobre contención, bienestar y consideraciones clínicas en cautiverio (Honeysett 2006, Littlefield 2008, Bissram 2011).

En Honduras, la información hematológica y bioquímica de *C. imitator* es prácticamente inexistente. Los pocos datos provienen de estudios en vida libre en Costa Rica, donde se evidencian variaciones relacionadas con factores biológicos y ambientales (Chaves Ramírez *et al.* 2022, Bernal Valle *et al.* 2020). Por ello, generar valores de referencia en centros *ex situ* de Roatán resulta clave para la vigilancia clínica, la implementación de protocolos de bienestar y el fortalecimiento de estrategias de conservación, considerando

además que el género *Cebus* está regulado internacionalmente en el Apéndice II de CITES (CITES 2025).

En este contexto, la UNAG, en colaboración con los centros de manejo ex situ de Roatán y bajo la supervisión técnica del Instituto de Conservación Forestal (ICF) como ente rector de la vida silvestre en Honduras y los centros de manejo de vida silvestre, impulsaron el desarrollo del presente estudio con el propósito de fortalecer la formación académica en medicina y manejo de fauna silvestre, así como de generar información científica aplicable al monitoreo clínico de *Cebus imitator* bajo cuidado humano. Este esfuerzo conjunto permitió estandarizar procesos de contención, anestesia y toma de muestras, al tiempo que aportó datos hematológicos y bioquímicos inéditos para el país. La participación integrada de especialistas, técnicos y personal de los centros de conservación garantizó la rigurosidad metodológica necesaria y reafirma la importancia de consolidar alianzas estratégicas que contribuyan tanto al bienestar de los individuos mantenidos en cautiverio como al fortalecimiento de las acciones nacionales de conservación de primates neotropicales.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar los parámetros hematológicos y bioquímicos de monos cara blanca (*Cebus imitator*) en centros de manejo *ex situ* de Roatán, Islas de la Bahía, considerando sexo, edad y factores preanalíticos.

### Objetivos específicos

- Caracterizar los perfiles hematológicos y bioquímicos de *Cebus imitator* en los diferentes centros de manejo *ex situ* de Roatán.
- Comparar los parámetros sanguíneos de acuerdo con el sexo y la edad de los individuos estudiados.
- Analizar la influencia de factores preanalíticos (tipo de sedación, hora de muestreo y tiempo hasta el procesamiento) sobre los resultados hematológicos y bioquímicos obtenidos.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El reconocimiento reciente del mono cara blanca (*Cebus imitator*) como especie distinta de *Cebus capucinus* ha generado la necesidad de contar con información biomédica propia (Alfonso Zabala 2024). A pesar de que se han realizado estudios hematológicos en especies afines como *C. albifrons* y *Sapajus apella* no existen datos específicos de referencia para *C. imitator* en cautiverio (Jaramillo Gallego y Pérez Roldan 2007). Esta ausencia limita la interpretación clínica y la comparación de resultados en programas de manejo *ex situ*.

En Honduras, particularmente en los centros de Roatán, la falta de valores hematológicos y bioquímicos propios obliga a usar parámetros extrapolados de otras especies, lo que puede inducir errores diagnósticos y comprometer decisiones de manejo. Generar estos valores constituye una necesidad urgente para establecer protocolos confiables de bienestar animal y conservación.

A lo anterior se suma que la medicina veterinaria nacional cuenta con pocos profesionales especializados en fauna silvestre, lo que ha generado un vacío técnico en la evaluación clínica de primates neotropicales. En este sentido, el presente estudio representa un ejemplo aplicable y un punto de partida para la construcción de datos biomédicos propios, la estandarización de metodologías y el fortalecimiento de capacidades profesionales. El desarrollo de investigación local no solo permite mejorar el bienestar de los individuos bajo cuidado humano, sino que también sienta las bases para futuras evaluaciones clínicas, diagnósticas y de conservación en primates de Honduras.

#### **IV. HIPÓTESIS**

##### **Hipótesis nula**

No existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros hematológicos y bioquímicos de los monos cara blanca (*Cebus imitator*) mantenidos en centros de manejo *ex situ* en Roatán, Islas de la Bahía, en relación con el centro de origen, el sexo o la edad de los individuos.

##### **Hipótesis alternativa**

Existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros hematológicos y bioquímicos de los monos cara blanca (*Cebus imitator*) mantenidos en centros de manejo *ex situ* en Roatán, Islas de la Bahía, asociadas al centro de origen y a factores biológicos como el sexo y la edad de los individuos.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Antecedentes de estudios hematológicos y bioquímicos en primates neotropicales

Los estudios hematológicos y bioquímicos en primates neotropicales son limitados, fragmentados y en gran medida realizados fuera de Honduras, lo que evidencia la necesidad de generar datos locales de referencia. Estos antecedentes, aunque dispersos, son fundamentales para comprender la fisiología y las variaciones sanguíneas de capuchinos y otros primates.

En Costa Rica, se han realizado las principales investigaciones sobre el mono cariblanco (*Cebus imitator*), especie endémica de la vertiente pacífica centroamericana. Se analizaron 26 ejemplares silvestres, determinando parámetros hematológicos y bioquímicos como hemoglobina, hematocrito, proteínas totales y transaminasas. Este estudio permitió establecer los primeros valores de referencia para la especie en vida libre (Bernal Valle *et al.* 2020).

Posteriormente, otro estudio costarricense comparó los perfiles hematológicos de *Cebus imitator* y *Alouatta palliata*, revelando variaciones leves entre sexos y localidades, pero consistencia general en los valores promedio. Dichos resultados confirmaron la utilidad del hemograma como herramienta para evaluar salud poblacional y efectos del ambiente (Chaves Ramírez *et al.* 2022).

En Panamá, se estudiaron ejemplares silvestres de *Cebus capucinus*, especie filogenéticamente cercana a *C. imitator*. Evaluaron parámetros de salud general, hemogramas y química sanguínea, demostrando que las condiciones de vida libre no alteran

significativamente los valores fisiológicos frente a poblaciones cautivas. Este trabajo sentó precedentes para el monitoreo sanitario de primates centroamericanos (Crofoot *et al.* 2009).

En Sudamérica, distintos trabajos han contribuido a establecer valores de referencia hematológicos y bioquímicos en primates neotropicales. En Colombia, determinaron los primeros rangos para especies como *Cebus albifrons*, *Alouatta seniculus* y *Saimiri collinsi* (Jaramillo Gallego y Pérez Roldan 2007, Cortés Vera *et al.* 2020). En Perú, se realizó un estudio hematológico y bioquímico en *Cebus albifrons* y *Saguinus fuscicollis* en cautiverio (Huamán Bautista 2015).

Los estudios en *Sapajus apella*, antes conocido como *Cebus apella* (Alfaro *et al.* 2012), evaluaron hemogramas de individuos cautivos sin hallar diferencias por edad o sexo (Naves *et al.* 2006, Ospina *et al.* 2009). A su vez, se examinó el perfil renal de la especie mediante urea y creatinina séricas (Dueñas Mantilla 2015). En Brasil, integraron parámetros hematológicos y bioquímicos en *Sapajus spp.*, destacando leves variaciones hepáticas asociadas al manejo y al estrés del cautiverio (Favareto *et al.* 2016, Cruvinel Lima *et al.* 2014).

Finalmente, se establecieron valores de referencia y reportaron variaciones en *Sapajus libidinosus*, *S. flavius*, *S. cay* y *S. nigritus*, reafirmando la relación entre edad, sexo y recuentos celulares, bajo la influencia del ambiente y la presencia de infecciones subclínicas (Flaiban *et al.* 2008, Fernandes Ferreira *et al.* 2018, Cardoso Ramalho 2014, Batista Arruda y Liberato Evangelista 2012). En conjunto, estas investigaciones evidencian una consistencia general en los valores fisiológicos de los primates neotropicales, proporcionando una base comparativa para el estudio de *Cebus imitator* en Honduras.

## 5.2 Taxonomía de *Cebus imitator*

El mono cara blanca (*Cebus imitator*) pertenece al orden Primates, suborden Haplorhini, infraorden Simiiformes, superfamilia Ceboidea, familia Cebidae, subfamilia Cebinae, y género *Cebus*. Esta especie fue descrita originalmente por Thomas en 1903, aunque por décadas se consideró una subespecie de *Cebus capucinus*. Los análisis morfológicos, conductuales y genéticos recientes confirmaron su estatus como especie independiente (Alfaro *et al.* 2012, Boubli *et al.* 2012).

**Reino:** Animalia

**Filo:** Chordata

**Clase:** Mammalia

**Orden:** Primates

**Suborden:** Haplorhini

**Infraorden:** Simiiformes

**Superfamilia:** Ceboidea

**Familia:** Cebidae

**Subfamilia:** Cebinae

**Género:** *Cebus*

## 5.3 Estado de conservación de *Cebus imitator*

La Lista Roja de la UICN clasifica a *Cebus imitator* como Vulnerable (VU). Esta categoría se debe a la pérdida de hábitat, la fragmentación de los bosques y la caza en varias partes de su rango. Las poblaciones más afectadas se localizan en Costa Rica, Panamá, Nicaragua y, en menor medida, Honduras donde la expansión agrícola ha reducido significativamente la cobertura boscosa (Williams Guillén *et al.* 2020).

En el marco internacional, la especie está incluida en el Apéndice II de la Convención CITES. Esta designación regula su comercio internacional, exigiendo permisos que garanticen el origen legal y la sostenibilidad de los ejemplares. Aunque no está en peligro inminente de extinción, su monitoreo es necesario para evitar presiones por captura o tráfico ilegal en los países de su distribución (CITES 2025).

En Honduras, según el *Listado Especial de Especies de Preocupación*, *Cebus imitator* no figura dentro de las categorías de amenaza o preocupación especial (Mejía Ordoñez y House R 2008). No obstante, su presencia en la Isla de Roatán y otros sectores del Caribe hondureño la convierte en una especie de relevancia ecológica local (Alfonso Zabala 2024). Aunque su estado nacional es estable, la ausencia de información biomédica específica resalta la importancia de generar datos clínicos y poblacionales para su manejo adecuado.

## **5.4 Hematología en Veterinaria**

La hematología es la ciencia que estudia los componentes de la sangre y sus variaciones frente a procesos fisiológicos y patológicos. En medicina veterinaria, su aplicación permite identificar alteraciones tempranas, diagnosticar enfermedades y evaluar la respuesta a tratamientos (Thrall *et al.* 2012).

### **5.4.1 El hemograma**

El hemograma comprende el análisis cuantitativo y cualitativo de las células sanguíneas. Incluye el conteo de eritrocitos, leucocitos y plaquetas, junto con la medición del hematocrito, la hemoglobina y los índices eritrocitarios (VCM, HCM y CHCM). Su correcta interpretación permite identificar desequilibrios hematopoyéticos, procesos inflamatorios y alteraciones inmunológicas (Arauz *et al.* 2020).

En primates, el hemograma requiere técnicas precisas de muestreo y conservación para evitar artefactos. Estudios previos han utilizado sangre con anticoagulante EDTA (Cruvinel Lima *et al.* 2014, Ospina *et al.* 2009). El uso de este sigue siendo el estándar en mamíferos de fauna silvestre, garantizando la confiabilidad de los valores obtenidos y su comparación entre poblaciones o centros de manejo.

#### **5.4.2 Variaciones normales en el cuadro sanguíneo**

Las variaciones fisiológicas en el hematocrito, la hemoglobina y los leucocitos están influenciadas por la edad, el sexo y el estado reproductivo. Machos adultos suelen mostrar mayores valores de hemoglobina y hematocrito, mientras que juveniles presentan linfocitosis relativa. Estas diferencias reflejan procesos homeostáticos normales y no deben confundirse con cuadros patológicos (Thrall *et al.* 2012).

Otros factores como el manejo, la anestesia o el transporte pueden modificar transitoriamente los valores hematológicos. En estudios de primates en cautiverio, se ha observado que la sedación puede inducir ligeras variaciones en leucocitos y hematocrito, sin alterar la fisiología general del animal (Ospina *et al.* 2009, Cruvinel Lima *et al.* 2014).

#### **5.4.3 Variaciones clínicas en el cuadro sanguíneo**

Las variaciones clínicas reflejan alteraciones patológicas que afectan la producción o la morfología de las células sanguíneas. La anemia puede resultar de pérdida hemática, hemólisis o deficiencias nutricionales; la leucocitosis suele acompañar infecciones bacterianas, y la eosinofilia es común en cuadros parasitarios (Thrall *et al.* 2012).

En primates, la presencia de hemoparásitos o infecciones bacterianas puede generar anemia significativa y leucocitosis marcada, mientras que el estrés prolongado produce neutrofilia

y linfopenia (Cruvinel Lima *et al.* 2014, Favareto *et al.* 2016). Estos cambios deben interpretarse en conjunto con la bioquímica sanguínea y la clínica individual para evitar conclusiones erróneas sobre el estado de salud.

## **5.5 Bioquímica sanguínea en Veterinaria**

La bioquímica sanguínea complementa la hematología al evaluar la función de órganos vitales, especialmente hígado y riñones. Los parámetros más utilizados incluyen las enzimas alanina aminotransferasa y fosfatasa alcalina para el metabolismo hepático, junto con creatinina, nitrógeno ureico sanguíneo, glucosa y proteínas totales, que reflejan la función renal, el estado energético y el equilibrio proteico (Thrall *et al.* 2012).

### **5.5.1 Variaciones normales en el cuadro bioquímico**

Las variaciones fisiológicas en los valores bioquímicos pueden deberse a edad, dieta, sexo, estado reproductivo y nivel de actividad. En animales jóvenes, las enzimas ALT y ALP suelen encontrarse más elevadas debido al crecimiento y a la intensa actividad metabólica. Los niveles de creatinina y BUN aumentan de forma proporcional al desarrollo muscular y a la madurez renal. La glucosa tiende a fluctuar por estrés o ayuno, siendo más alta inmediatamente después de la contención (Thrall *et al.* 2012).

En primates neotropicales, se han registrado variaciones naturales similares. Estudios en *Sapajus libidinosus* y *Sapajus apella* en cautiverio mostraron elevaciones leves de ALT y ALP en juveniles y durante el manejo rutinario, sin evidencia de enfermedad (Fernandes Ferreira *et al.* 2018, Favareto *et al.* 2016). De igual forma, las concentraciones de glucosa y proteínas totales pueden incrementarse temporalmente por estrés o cambios en la dieta en *Cebus* bajo sedación y manipulación controlada (Cruvinel Lima *et al.* 2014).

### 5.5.2 Variaciones clínicas en el cuadro bioquímico

Las alteraciones clínicas en estos parámetros indican disfunciones metabólicas o daño en órganos específicos. Incrementos en ALT y ALP sugieren alteraciones hepáticas o estrés oxidativo; elevaciones en creatinina y BUN pueden señalar deshidratación o daño renal, mientras que descensos en proteínas totales reflejan desnutrición o pérdida proteica. La glucosa elevada suele asociarse a estrés agudo, y su disminución, a ayuno prolongado o trastornos metabólicos (Thrall *et al.* 2012).

En primates neotropicales, se observó aumentos de urea y creatinina en *Sapajus apella* cautivos, vinculados con la edad y la dieta (Dueñas Mantilla 2015). En *Sapajus flavius* se reportó valores altos de ALT y ALP relacionados con parasitosis subclínicas y manejo prolongado (Cardoso Ramalho 2014). Asimismo, Lima *et al.* (2014) identificaron incrementos de glucosa y proteínas totales en *Cebus* mantenidos en confinamiento, reflejando la sensibilidad de estos indicadores al estrés ambiental (Cruvinel Lima *et al.* 2014).

## 5.6 Hematología y bioquímica en primates neotropicales

### 5.6.1 Género *Cebus*

#### A. *Cebus imitator*

En Costa Rica, se analizaron 26 ejemplares de *Cebus imitator* de vida libre. Los valores promedio fueron hemoglobina 12.0 g/dl, hematocrito 39.9 % y leucocitos  $10.4 \times 10^3/\mu\text{l}$  con linfocitos como célula predominante. En la bioquímica, los promedios fueron ALT 31.3 U/L, BUN 6. mmol/L, creatinina 83.1  $\mu\text{mol/L}$ , y proteínas totales 72.1 g/L. Los autores concluyeron que todos los parámetros se encontraban dentro de los rangos fisiológicos para la especie (Bernal Valle *et al.* 2020).

Chaves Ramírez *et al.* (2022) confirmaron estas referencias comparando *C. imitator* y *Alouatta palliata*. Las medianas obtenidas fueron Hb 12.2 g/dl y HCT 43.5 % en machos, y Hb 11.7 g/dl, HCT 40.5 % en hembras. No se detectaron diferencias significativas por sexo en poblaciones silvestres.

### **B. *Cebus capucinus***

En Panamá, se estudiaron *Cebus capucinus* silvestres anestesiados con ketamina. Se reportaron promedios de hematocrito 37.6 %, leucocitos  $5.8 \times 10^3/\mu\text{l}$ . En los perfiles bioquímicos, ALT y ALP se mantuvieron dentro de límites normales; proteínas totales 7.9 g/dl, creatinina 0.8 mg/dl, BUN 14.3 mg/dl y glucosa 86.6 mg/dl. Los autores señalaron que los procedimientos anestésicos no afectaron de manera significativa los valores hematológicos ni metabólicos (Crofoot *et al.* 2009).

### **C. *Cebus albifrons***

En Colombia se reportaron valores de hematocrito 44.4%, hemoglobina 16.9g/dl y leucocitos  $12.5 \times 10^3/\mu\text{l}$  en *Cebus albifrons* de cautiverio, sin diferencias por sexo. Los valores de creatinina 0.9 mg/dl, BUN 22.5 mg/dl fueron normales para primates de su tamaño corporal (Jaramillo Gallego y Pérez Roldán 2007). Y mediante la utilidad de glucómetros portátiles, registraron una media de glucosa 75.33 mg/dl, equivalente a los métodos bioquímicos tradicionales.

## **5.6.2 Género *Sapajus***

### **A. *Sapajus apella***

Se evaluaron 32 ejemplares de *Sapajus apella* en cautiverio en Lima. Los valores promedio fueron hematocrito 37.97 %, hemoglobina 12.39 g/dl, eritrocitos  $5.12 \times 10^6/\mu\text{l}$ , leucocitos  $7.20 \times 10^3/\mu\text{l}$ , plaquetas  $227 \times 10^3/\mu\text{l}$ , VCM 76.04 fl, HCM 24.84 pg y CHCM 32.63 g/dl.

No hubo diferencias significativas por edad ni sexo (Ospina *et al.* 2009).. En bioquímica, , BUN 27.59 mg/dl, creatinina 1.47 mg/dl, dentro de la normalidad (Dueñas Mantilla 2015).

Cruvinel Lima *et al.* (2014) corroboraron estos resultados, encontrando variaciones leves de glucosa post-sedación sin afectación hepática. El estudio demostró que las condiciones de cautiverio influyen en leves cambios metabólicos, pero no en la fisiología basal de la especie.

### **B. *Sapajus libidinosus***

Se analizaron 50 ejemplares de *Sapajus libidinosus* en el noreste de Brasil. Los valores promedio fueron hemoglobina 121 g/L, leucocitos  $9.7 \times 10^3/\mu\text{l}$ . Se observaron diferencias por edad, con machos adultos presentando hemoglobina y hematocrito superiores a los juveniles (Fernandes Ferreira *et al.* 2018).

### **C. *Sapajus flavius***

Se evaluaron ejemplares de *Sapajus flavius* en cautiverio, obteniendo hematocrito 40 %, hemoglobina 12.8 g/dl, leucocitos  $10.8 \times 10^3/\mu\text{l}$ , ALP 178U/L, creatinina 1.8 mg/dl y proteínas totales 8.18 g/dl. Los incrementos leves de ALT y ALP se relacionaron con estrés subclínico, sin evidencias de patología hepática (Cardoso Ramalho 2014).

### **D. *Sapajus cay* y *Sapajus nigrinus***

Se analizaron 80 individuos entre *Sapajus cay* y *S. nigrinus* de vida libre en el sur de Brasil. Los valores promedio fueron hematocrito 38.15%, hemoglobina 10.53 g/dl, leucocitos  $9.59 \times 10^3/\mu\text{l}$  y proteínas totales 7.76g/dl. Los autores destacaron la influencia de la edad y el sexo en la variabilidad de hematocrito y leucocitos, pero sin alteraciones patológicas (Flaiban *et al.* 2008).

### 5.6.3 Otros primates neotropicales

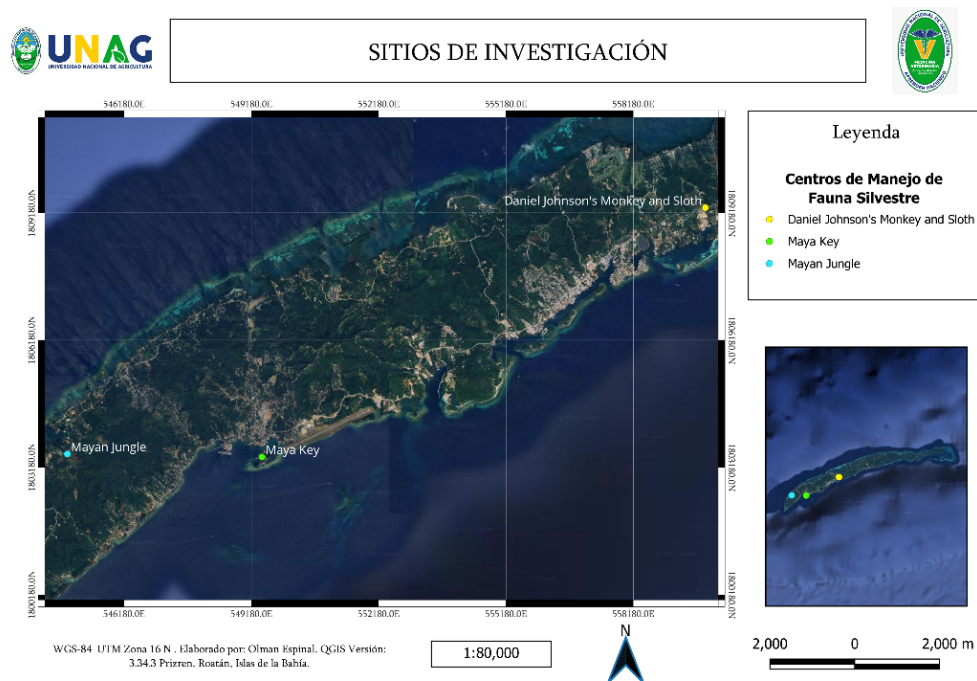
Se compararon *Sapajus libidinosus* y *Alouatta caraya* en vida libre en el estado de Tocantins (Brasil). Los valores en *Alouatta* fueron hematocrito 37.8%, hemoglobina 11.99 g/dl. leucocitos  $11.73 \times 10^3/\mu\text{l}$ . Las diferencias entre sexos y edades fueron mínimas y consideradas fisiológicas (Baldini Ribeiro *et al.* 2015).

En *Saimiri collinsi*, reportaron hematocrito 40.67%, hemoglobina 11.22g/dl, leucocitos  $9.06 \times 10^3/\mu\text{l}$ , ALT 78.56 U/L, creatinina 0.78 mg/dl, glucosa 59.83 mg/dl, valores comparables con los de cebinos en cautiverio. Estas similitudes sugieren que los primates neotropicales comparten patrones fisiológicos estables, con variaciones influenciadas principalmente por el ambiente y la dieta (Cardoso *et al.* 2021).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Descripción de los sitios de investigación

La investigación se desarrolló entre junio y noviembre de 2025 en tres centros de manejo *ex situ* de la isla de Roatán, Islas de la Bahía, Honduras: Daniel Johnson's Monkey & Sloth Hangout (UTM 16Q 559,895 m E; 1,809,301 m N), Mayan Jungle Canopy - Victor's Monkey & Sloth Sanctuary (UTM 16Q 544,866 m E; 1,803,457 m N) y Maya Key Roatán (UTM 16Q 549,436 m E; 1,803,405 m N). Estos centros albergaron monos cara blanca (*Cebus imitator*) y otras especies de fauna silvestre con fines de exhibición, conservación y, en algunos casos, interacción supervisada con visitantes.



**Figura 1.** Ubicación de los Centros de Manejo de Vida Silvestre Autorizados destinados al estudio, Roatan, Honduras. (QGIS)

## 6.2. Enfoque metodológico y diseño del estudio

El estudio fue observacional, transversal y multicéntrico de tipo analítico-comparativo, con enfoque cuantitativo. Las muestras se recolectaron en un único momento del periodo de estudio, y se evaluaron parámetros hematológicos y bioquímicos. Los resultados se compararon entre centros, estadios etarios y sexo, considerando además los factores preanalíticos (tipo de sedación, hora de muestreo y tiempo transcurrido hasta el procesamiento) que pudieron influir en los valores obtenidos.

## 6.3. Población y muestra

La población total estuvo conformada por 46 monos cara blanca (*Cebus imitator*) distribuidos en los tres centros participantes: Daniel Johnson's Monkey & Sloth (19 individuos), Mayan Jungle Canopy (17 individuos) y Maya Key Roatán (10 individuos).

Para el estudio se seleccionó una muestra total de 30 individuos, con 10 ejemplares por centro, elegidos según criterios de aptitud clínica y manejo seguro durante la sedación. La selección fue intencional y no probabilística, buscando mantener un número equilibrado por sitio que permitiera la comparación estadística entre grupos. Se hizo la selección de individuos en buen estado general al momento del muestreo.

#### **6.4. Materiales y equipo**

- Agujas hipodérmicas 23-24 G y mariposas (butterfly).
- Jeringas de 5 ml.
- Cerbatana modelo Blowpipe 125 ZOO®, con dardos de 1 ml y agujas simples.
- Red de captura
- Guantes de carnauba.
- Tubos tapa roja de 7 ml para bioquímica.
- Microtubos con EDTA de 0.5 ml para hematología.
- Hielera.
- Centrifugadora.
- Analizadores automáticos IDEXX: ProCyt® y Catalyst One®.
- Equipo de protección personal: guantes, contenedores rígidos para punzocortantes.

Anestésicos utilizados:

- Ketamina (100 mg/ml)
- Dexdomitor (0.5 mg/ml)
- Antisedan (5 mg/ml)
- Zoletil® 50 mg/ml

Los equipos fueron calibrados y operados conforme a las recomendaciones del fabricante y a los protocolos internos del laboratorio veterinario de la Clínica Veterinaria Del Bosque, donde se procesaron las muestras.

## **6.5. Metodología**

### **6.5.1. Protocolo de sedación e inmovilización**

La inmovilización fue exclusivamente química, aunque se emplearon distintos métodos de contención física previa según la conducta y accesibilidad de los individuos.

**a) Tipos de contención empleados:** Durante el proceso de muestreo se presentaron diferentes escenarios:

- En algunos casos, la inmovilización fue completamente química mediante dardos aplicados con cerbatana Blowpipe 125-ZOO®, lo que permitió una inducción remota y redujo el nivel de estrés.
- Otros individuos requirieron captura con red de manejo, seguida de la aplicación intramuscular de los anestésicos.
- Con algunos individuos se utilizó la interacción mediante engaño de incentivos, lo que permitió aplicar la anestesia tomando la mano del animal a través del enrejado.
- En situaciones particulares, se recurrió al uso de jaulas de presión, que facilitaron la inmovilización segura antes de la aplicación química.

Estos métodos se eligieron en función del temperamento, las condiciones del recinto y el criterio de los encargados, buscando siempre minimizar el estrés y el riesgo de lesión para los animales o el personal.

**b) Protocolos anestésicos empleados:**

- Maya Key y Mayan Jungle:
  - Ketamina: 6-7 mg/kg IM
  - Dexmedetomidina: 0.03-0.04 mg/kg IM
  - Reversión: Atipamezol 0.15 mg/kg IM
- Daniel Johnson's Monkey & Sloth:
  - Tiletamina-zolazepam: 6 mg/kg IM

**c) Consideraciones operativas:** Las dosis fueron calculadas individualmente con base en el peso corporal y ajustadas según la respuesta anestésica (Kreeger 2018, Carpenter y Harms 2022). Durante la sedación se monitorizaron parámetros clínicos minutos: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, y temperatura. Los individuos permanecieron en observación hasta su recuperación, aplicando el antagonista correspondiente cuando fue necesario.

**6.5.2. Obtención de muestras**

Las extracciones se realizaron mediante venopunción braquial, femoral o caudal (vena cocígea), bajo asepsia con alcohol al 70 %. Se colectó un volumen aproximado de 5 ml de sangre, distribuidos en microtubos con EDTA de 0.5 ml para hematología y el resto en tubos tapa roja de 7 ml para bioquímica. Se procuró mantener las muestras en cadena de frío (2-8 °C) hasta su traslado a la Clínica Veterinaria Del Bosque, donde se efectuó el procesamiento.

### **6.5.3. Procesamiento de muestras**

Las muestras sanguíneas fueron procesadas en los analizadores automáticos IDEXX ProCyte® (hematología) y Catalyst One® (bioquímica). Los tubos con EDTA se analizaron directamente, mientras que los tubos rojos se centrifugaron para separar el suero y luego procesar la muestra utilizando el perfil de prueba chem 10. El tiempo transcurrido entre la toma y el análisis varió según las condiciones logísticas de traslado, y fue registrado individualmente como variable preanalítica para el análisis posterior.

## **6.6. Variables e indicadores**

- Variables hematológicas: Conteo de eritrocitos (RBC), hematocrito (HCT), hemoglobina (HGB), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), leucocitos totales (WBC), neutrófilos (Neut), linfocitos (Lymph), monocitos (Mono), eosinófilos (Eos), basófilos (Baso) y plaquetas (PLT).
- Variables bioquímicas: ALT, ALP, CREA, BUN, GLUC y TP.
- Variables biológicas: Sexo (hembra o macho) y estadio etario (juvenil o adulto).
- Variables preanalíticas: Tipo de sedación, hora de muestreo y tiempo transcurrido hasta el procesamiento.
- Variable contextual: Centro de manejo (Daniel Johnson's Monkey & Sloth, Mayan Jungle, Maya Key).

## **6.7. Plan de análisis estadístico**

### **6.7.1. Análisis descriptivo**

Los datos se tabularon en Microsoft Excel, donde se calcularon las medias, desviaciones estándar, valores mínimos y máximos. La normalidad de los datos se evaluó mediante la

prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Ambas pruebas se ejecutaron mediante código desarrollado en Visual Studio Code, utilizando el lenguaje de programación Python, lo que permitió automatizar las pruebas estadísticas y generar gráficos de caja (*boxplots*) para la interpretación de resultados.

### **6.7.2. Análisis comparativo**

Las comparaciones entre grupos se realizaron de acuerdo con la distribución de los datos:

- Entre centros: se aplicó la ANOVA de una vía con prueba post hoc Tukey para las variables normales, y la Kruskal-Wallis con prueba post hoc Dunn para las no normales. En un caso particular se utilizó el ANOVA de Welch con test de Games-Howell (Post-Hoc).
- Por sexo y estadio etario: se aplicaron las pruebas t de Student para las variables normales y Mann-Whitney U para las no normales.
- Por protocolo anestésico: se aplicaron las mismas pruebas de acuerdo con la normalidad.

### **6.7.3. Análisis de correlación y factores preanalíticos**

El tiempo transcurrido entre la toma y el procesamiento de las muestras se cuantificó en minutos y se verificó su distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Dado que esta variable presentó distribución no normal, se utilizó la prueba de correlación de Spearman para determinar asociaciones entre este intervalo y los parámetros hematológicos y bioquímicos.

Todas las pruebas se ejecutaron mediante código en Visual Studio Code (Python), integrando los datos tabulados en Excel. Se estableció un nivel de significancia de  $p < 0.05$  para todas las pruebas.

## **6.8. Bioseguridad y bienestar animal**

El manejo de los individuos y la obtención de muestras se realizaron bajo principios de ética profesional veterinaria, priorizando la seguridad del personal, el bienestar de los animales y la integridad de las muestras. Durante las fases de muestreo se emplearon medidas de bioseguridad personal y material, incluyendo el uso de guantes, uniforme de campo y material estéril, además de la correcta disposición de residuos biológicos en contenedores rígidos para punzocortantes y desechos infecciosos.

El bienestar animal se garantizó mediante la aplicación de protocolos anestésicos calculados en mg/kg, reduciendo al mínimo la manipulación y empleando volúmenes de extracción proporcionales al peso corporal. Los individuos fueron vigilados constantemente durante el procedimiento y en el periodo de recuperación, asegurando su reincorporación segura a su recinto o grupo correspondiente.

## VII. RESULTADOS

El estudio se realizó con un total de 30 individuos de monos cara blanca (*Cebus imitator*) mantenidos en tres centros de manejo *ex situ* ubicados en la Isla de Roatán: Maya Key Roatán, Daniel Johnson's Monkey & Sloth Hangout y Mayan Jungle Canopy. En cada centro se muestrearon 10 individuos, obteniendo una representación equitativa por sitio.

Se evaluaron trece parámetros hematológicos, incluyendo recuento de eritrocitos (RBC), hematocrito (HCT), hemoglobina (HGB), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), recuento total de leucocitos (WBC), neutrófilos (NEUT), linfocitos (LYMP), monocitos (MONO), eosinófilos (EOS), basófilos (BASO) y plaquetas (PLT).

En la parte bioquímica se analizaron seis parámetros: creatinina (CREA), nitrógeno ureico sanguíneo (BUN), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), glucosa (GLUC) y proteínas totales (TP).

Para el procesamiento estadístico, los valores obtenidos fueron tabulados en Microsoft Excel, donde se calcularon los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos). Posteriormente, se empleó el entorno de programación Visual Studio Code con Python para ejecutar las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). De acuerdo con estos resultados, se aplicaron ANOVA, ANOVA de Welch, pruebas de Kruskal-Wallis, t de Student y Mann-Whitney, según correspondiera.

El nivel de significancia se estableció en  $p \leq 0.05$ , y los resultados se interpretaron considerando la relevancia biológica de las diferencias, además de su consistencia con estudios previos en *Cebus imitator* y *Cebus capucinus*.

## 7.1 Comparativa entre centros de manejo *ex situ*

### 7.1.1 Hematología comparativa entre centros

**Tabla 1.** Parámetros hematológicos de monos carablanca (*Cebus imitator*) en centros de manejo de vida silvestre *ex situ*.

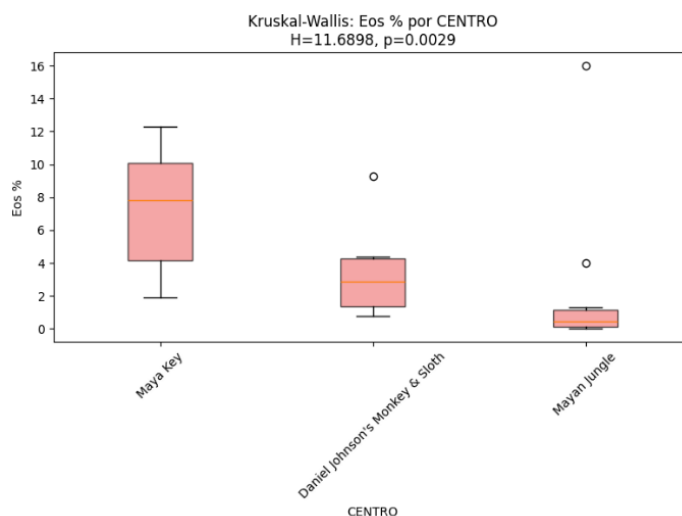
| Parámetros                  | Todo los individuos |                  |             | Centros  |                  |             |                                 |                   |             |              |                   |             |
|-----------------------------|---------------------|------------------|-------------|----------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|
|                             |                     |                  |             | Maya Key |                  |             | Daniel Johnson's Monkey & Sloth |                   |             | Mayan Jungle |                   |             |
|                             | N                   | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max     | n        | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max     | n                               | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     | n            | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     |
| RBC ( $\times 10^6/\mu L$ ) | 30                  | 5.9 $\pm$ 0.6    | 4.7 - 7.1   | 10       | 6.1 $\pm$ 0.7    | 4.7 - 7.1   | 10                              | 5.7 $\pm$ 0.5     | 5 - 6.7     | 10           | 5.8 $\pm$ 0.6     | 4.7 - 6.6   |
| HCT (%)                     | 30                  | 40.8 $\pm$ 5.2   | 32.6 - 50.6 | 10       | 42.7 $\pm$ 5.5   | 33.4 - 50.6 | 10                              | 38.7 $\pm$ 4.7    | 32.6 - 48.8 | 10           | 40.9 $\pm$ 5.2    | 32.8 - 46   |
| HGB (g/dL)                  | 30                  | 14.5 $\pm$ 1.7   | 11.6 - 17.7 | 10       | 15 $\pm$ 1.8     | 12 - 17.7   | 10                              | 14.1 $\pm$ 1.8    | 12 - 17.2   | 10           | 14.5 $\pm$ 1.8    | 11.6 - 16.4 |
| VCM (fL)                    | 30                  | 69.4 $\pm$ 3.9   | 62 - 74.8   | 10       | 70 $\pm$ 3.6     | 64.2 - 74.8 | 10                              | 68.1 $\pm$ 3.4    | 64.3 - 72.9 | 10           | 70.1 $\pm$ 4.6    | 62 - 74.4   |
| HCM (pg)                    | 30                  | 24.6 $\pm$ 1.7   | 21.1 - 28.9 | 10       | 24.6 $\pm$ 1.4   | 22.3 - 26.1 | 10                              | 24.8 $\pm$ 1.9    | 22.9 - 28.9 | 10           | 24.3 $\pm$ 1.8    | 21.1 - 26.8 |
| CHCM (g/dL)                 | 30                  | 35.7 $\pm$ 1.3   | 33.9 - 40.2 | 10       | 35.2 $\pm$ 0.8   | 33.9 - 36.2 | 10                              | 36.5 $\pm$ 1.5    | 35.1 - 40.2 | 10           | 35.4 $\pm$ 1.2    | 34 - 38.2   |
| WBC ( $\times 10^3/\mu L$ ) | 30                  | 11.1 $\pm$ 4.9   | 4.6 - 20.6  | 10       | 6.4 $\pm$ 1.6    | 4.6 - 9.1   | 10                              | 14.8 $\pm$ 3.6    | 9.5 - 20.6  | 10           | 12.1 $\pm$ 4.5    | 5.8 - 18.2  |
| Neut (%)                    | 30                  | 56.7 $\pm$ 16.3  | 26.5 - 89.6 | 10       | 50.1 $\pm$ 12.5  | 31 - 66.5   | 10                              | 54.8 $\pm$ 15.6   | 26.5 - 74.5 | 10           | 65.3 $\pm$ 18.1   | 37 - 89.6   |
| Lymp (%)                    | 30                  | 34.9 $\pm$ 13.8  | 8.7 - 56.9  | 10       | 38.6 $\pm$ 11.8  | 26.5 - 56.4 | 10                              | 37.9 $\pm$ 11.8   | 21.2 - 56.9 | 10           | 28.1 $\pm$ 16.1   | 8.7 - 55.5  |
| Mono (%)                    | 30                  | 4.1 $\pm$ 2.1    | 1.2 - 11    | 10       | 4.1 $\pm$ 1.7    | 2.2 - 7.6   | 10                              | 4 $\pm$ 3         | 1.2 - 11    | 10           | 4.2 $\pm$ 1.5     | 1.3 - 6.3   |
| Eos %                       | 30                  | 4.3 $\pm$ 4.3    | 0 - 16      | 10       | 7.2 $\pm$ 3.6    | 1.9 - 12.3  | 10                              | 3.2 $\pm$ 2.6     | 0.8 - 9.3   | 10           | 2.3 $\pm$ 4.9     | 0 - 16      |
| Baso (%)                    | 30                  | 0.1 $\pm$ 0.1    | 0 - 0.4     | 10       | 0.1 $\pm$ 0.1    | 0 - 0.2     | 10                              | 0.1 $\pm$ 0.1     | 0 - 0.1     | 10           | 0.1 $\pm$ 0.1     | 0 - 0.4     |
| PLT ( $\times 10^3/\mu L$ ) | 30                  | 334.5 $\pm$ 152  | 120 - 656   | 10       | 267.3 $\pm$ 91.6 | 120 - 397   | 10                              | 419.8 $\pm$ 163.5 | 141 - 656   | 10           | 316.5 $\pm$ 160.8 | 122 - 599   |

Fuente: Elaboración propia

En la comparación de los parámetros hematológicos entre los tres centros de manejo, Maya Key, Daniel Johnson's Monkey & Sloth y Mayan Jungle, los resultados mostraron una distribución general uniforme en la mayoría de los valores analizados. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los centros para los parámetros de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de hemoglobina corpuscular media, neutrófilos, linfocitos, monocitos, basófilos y plaquetas.

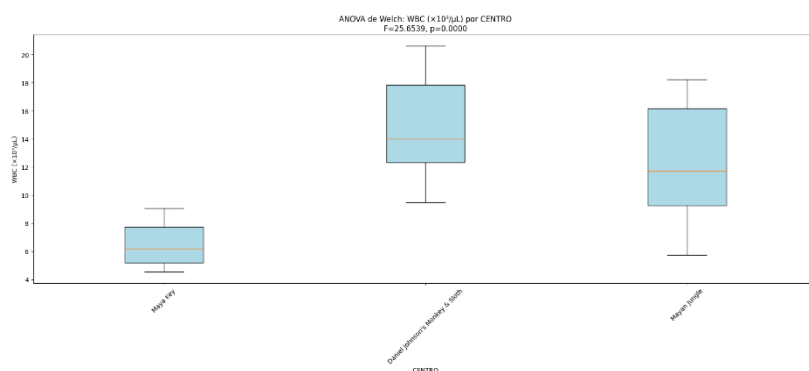
En los parámetros hematológicos se identificaron distintos valores atípicos distribuidos entre los centros de manejo. En el conteo de glóbulos rojos, Maya Key presentó un valor atípico de  $4.7 \times 10^6/\mu\text{L}$ . En Daniel Johnson's Monkey & Sloth se registró un valor atípico de hemoglobina corpuscular media de 28.9 pg y, en el mismo individuo, un valor atípico de concentración de hemoglobina corpuscular media de 40.2 g/dL. Asimismo, se observaron valores atípicos en los neutrófilos (26.5 % y 31.5 %) y en los monocitos (11 %), pertenecientes al mismo individuo que presentó también un valor atípico en eosinófilos (9.3 %), reflejando una alteración puntual en los leucocitos diferenciales. En Mayan Jungle se registró un valor atípico de basófilos de 0.4 %.

En el conteo de eosinófilos se registraron diferencias entre centros. Maya Key presentó un promedio de  $7.2 \pm 3.6$  %, con valores entre 1.9 % y 12.3 %. En Daniel Johnson's Monkey & Sloth, el promedio fue de  $3.2 \pm 2.6$  %, con un rango de 0.8 % a 9.3 %, identificándose este último como valor atípico. En Mayan Jungle, el promedio fue de  $2.3 \pm 4.9$  %, con valores entre 0 % y 16 %, siendo 4 % y 16 % considerados atípicos. Estos datos reflejan una mayor dispersión en Mayan Jungle y valores elevados en Maya Key respecto a los otros centros.



**Figura 2.** Comparación de eosinófilos por centro.

En el conteo total de leucocitos también se observaron diferencias entre centros. Maya Key registró un promedio de  $6.4 \pm 1.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con valores entre  $4.6$  y  $9.1 \times 10^3/\mu\text{L}$ . En Daniel Johnson's Monkey & Sloth el promedio fue de  $14.8 \pm 3.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con un rango de  $9.5$  a  $20.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ . En Mayan Jungle el promedio fue de  $12.1 \pm 4.5 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con valores entre  $5.8$  y  $18.2 \times 10^3/\mu\text{L}$ . Los resultados muestran valores leucocitarios bajos en Maya Key y una mayor dispersión en los datos de Mayan Jungle.



**Figura 3.** Comparación de conteo total de leucocitos por centro.

### 7.1.2 Bioquímica comparativa entre centros

**Tabla 2.** Parámetros bioquímicos de monos carablanca (*Cebus imitator*) en centros de manejo de vida silvestre *ex situ*.

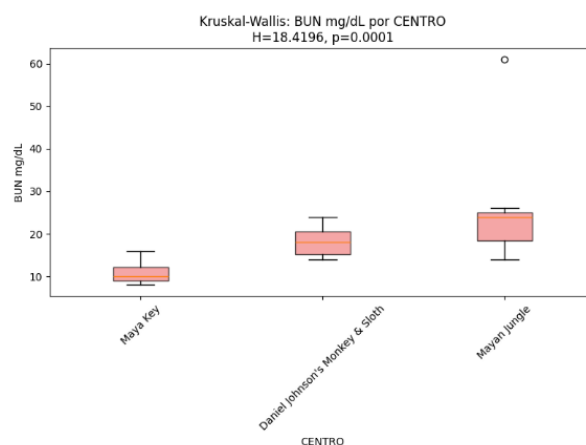
| Parámetros   | Todo los individuos |                         |           | Centros |                         |           |    |                         |           |    |                         |           |
|--------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------|-------------------------|-----------|----|-------------------------|-----------|----|-------------------------|-----------|
|              | N                   | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   | n       | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   | n  | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   | n  | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   |
| CREA mg/dL   | 30                  | $0.6 \pm 0.2$           | 0.4 - 1.1 | 10      | $0.6 \pm 0.1$           | 0.4 - 0.8 | 10 | $0.6 \pm 0.2$           | 0.4 - 0.9 | 10 | $0.7 \pm 0.2$           | 0.5 - 1.1 |
| BUN mg/dL    | 30                  | $18.1 \pm 9.8$          | 8 - 61    | 10      | $10.8 \pm 2.9$          | 8 - 16    | 10 | $18.2 \pm 3.6$          | 14 - 24   | 10 | $25.4 \pm 13.2$         | 14 - 61   |
| ALT U/L      | 30                  | $59.4 \pm 15.8$         | 40 - 121  | 10      | $67 \pm 22.6$           | 42 - 121  | 10 | $57 \pm 6.9$            | 47 - 67   | 10 | $54.3 \pm 12.1$         | 40 - 81   |
| ALP U/L      | 30                  | $193.9 \pm 131.9$       | 32 - 519  | 10      | $151.9 \pm 50.9$        | 68 - 216  | 10 | $283.8 \pm 156.6$       | 87 - 519  | 10 | $146 \pm 124.1$         | 32 - 478  |
| GLUC (mg/dL) | 30                  | $82.5 \pm 54.4$         | 19 - 201  | 10      | $133.4 \pm 28.9$        | 85 - 166  | 10 | $85.3 \pm 49.8$         | 39 - 201  | 10 | $28.8 \pm 11.2$         | 19 - 58   |
| TP (g/dL)    | 30                  | $7.4 \pm 0.6$           | 6.3 - 8.5 | 10      | $7.2 \pm 0.6$           | 6.3 - 8.1 | 10 | $7.9 \pm 0.3$           | 7.6 - 8.5 | 10 | $7.1 \pm 0.3$           | 6.5 - 7.4 |

Fuente: Elaboración propia

En la comparación de los parámetros bioquímicos entre los tres centros de manejo, Maya Key, Daniel Johnson's Monkey & Sloth y Mayan Jungle, los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de creatinina, alanina aminotransferasa (ALT) ni fosfatasa alcalina (ALP).

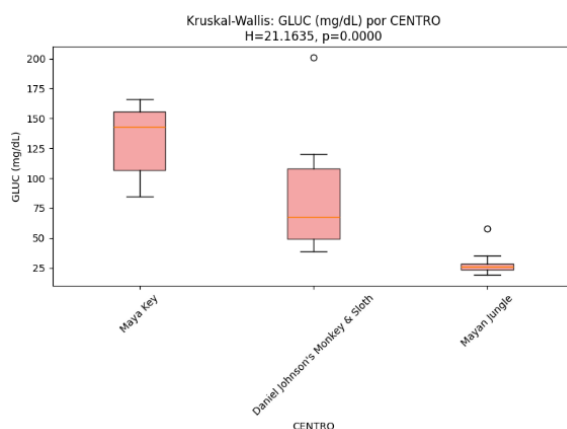
En los parámetros bioquímicos se identificaron tres valores atípicos de creatinina en Mayan Jungle (0.5, 1.0 y 1.1 mg/dL), junto con un valor de nitrógeno ureico en sangre de 61 mg/dL, correspondiente al mismo individuo que presentó la creatinina de 1.0 mg/dL. En ese mismo caso, se observó un valor atípico de alanina aminotransferasa de 81 U/L. En Maya Key se identificó un valor atípico de alanina aminotransferasa de 121 U/L. Finalmente, en Mayan Jungle se reportó un valor atípico de fosfatasa alcalina de 478 U/L.

Se registraron diferencias en los valores de nitrógeno ureico en sangre (BUN), glucosa y proteínas totales. En el BUN, Mayan Jungle presentó un promedio de  $25.4 \pm 13.2$  mg/dL, con valores entre 14 y 61 mg/dL, identificándose 61 mg/dL como valor atípico. En Daniel Johnson's Monkey & Sloth el promedio fue de  $18.2 \pm 3.6$  mg/dL, con valores entre 14 y 24 mg/dL, mientras que Maya Key presentó un promedio bajo con respecto a los otros centros, de  $10.8 \pm 2.9$  mg/dL y valores entre 8 y 16 mg/dL.



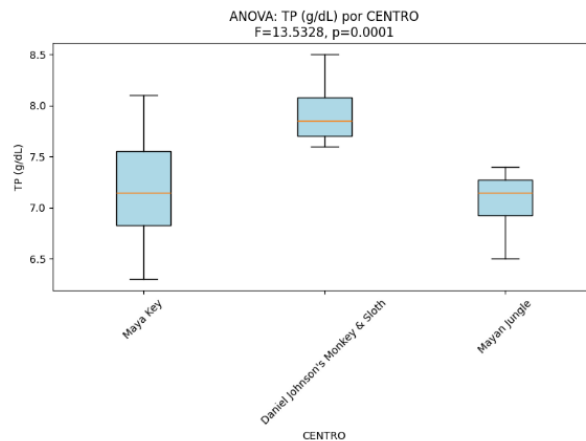
**Figura 4.** Comparación de nitrógeno ureico en sangre por centro.

En los valores de glucosa, Maya Key registró un promedio alto de  $133.4 \pm 28.9$  mg/dL, con valores entre 85 y 166 mg/dL. En Daniel Johnson's Monkey & Sloth el promedio fue de  $85.3 \pm 49.8$  mg/dL, con valores entre 39 y 201 mg/dL, identificándose 201 mg/dL como valor atípico. En Mayan Jungle se registró un promedio bajo con respecto a los otros centros, de  $28.8 \pm 11.2$  mg/dL, con valores entre 19 y 58 mg/dL, siendo 58 mg/dL considerado atípico.



**Figura 5.** Comparación glucosa por centro.

En las proteínas totales, Daniel Johnson's Monkey & Sloth presentó un promedio alto en comparación de  $7.9 \pm 0.3$  g/dL, con valores entre 7.6 y 8.5 g/dL, seguido de Maya Key con un promedio de  $7.2 \pm 0.6$  g/dL y valores entre 6.3 y 8.1 g/dL, mientras que Mayan Jungle presentó valores con promedio de  $7.1 \pm 0.3$  g/dL y valores entre 6.5 y 7.4 g/dL.



**Figura 6.** Comparación de proteínas totales por centro.

## 7.2 Comparativa entre sexos

Para la comparación entre sexos se consideró una muestra equilibrada de nueve individuos machos y nueve individuos hembras. Los machos fueron seleccionados de manera aleatoria entre los tres centros de manejo, Maya Key, Daniel Johnson's Monkey & Sloth y Mayan Jungle, mientras que las hembras incluyeron la totalidad de los ejemplares disponibles. Esta distribución permitió realizar las pruebas estadísticas comparativas bajo condiciones de representatividad similar para ambos grupos, garantizando la evaluación equitativa de los parámetros hematológicos y bioquímicos según el sexo.

### 7.2.1 Hematología comparativa entre sexos

**Tabla 3.** Parámetros hematológicos en machos y hembras de monos carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

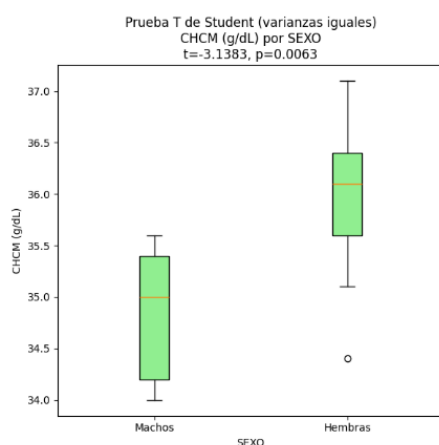
| Parámetros                        | Muestra |                   |             |   | Machos            |             |   |                   | Hembras     |  |
|-----------------------------------|---------|-------------------|-------------|---|-------------------|-------------|---|-------------------|-------------|--|
|                                   | N       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     | n | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     | n | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     |  |
| RBC ( $\times 10^6/\mu\text{L}$ ) | 18      | $5.9 \pm 0.6$     | 4.7 - 6.8   | 9 | $6.1 \pm 0.5$     | 5.3 - 6.8   | 9 | $5.7 \pm 0.6$     | 4.7 - 6.6   |  |
| HCT (%)                           | 18      | $41.4 \pm 4.9$    | 34.9 - 50.6 | 9 | $43 \pm 5.4$      | 34.9 - 50.6 | 9 | $39.9 \pm 4.1$    | 34.9 - 45.4 |  |
| HGB (g/dL)                        | 18      | $14.7 \pm 1.7$    | 12.2 - 17.7 | 9 | $15 \pm 1.9$      | 12.4 - 17.7 | 9 | $14.3 \pm 1.5$    | 12.2 - 16.4 |  |
| VCM (fL)                          | 18      | $69.9 \pm 3.9$    | 64.1 - 74.4 | 9 | $70 \pm 4.4$      | 64.9 - 74.4 | 9 | $69.8 \pm 3.5$    | 64.1 - 74.4 |  |
| HCM (pg)                          | 18      | $24.4 \pm 1.6$    | 21.1 - 26.8 | 9 | $24.4 \pm 1.4$    | 22.3 - 26   | 9 | $24.5 \pm 1.8$    | 21.1 - 26.8 |  |
| CHCM (g/dL)                       | 18      | $35.4 \pm 0.9$    | 34 - 37.1   | 9 | $34.9 \pm 0.6$    | 34 - 35.6   | 9 | $35.9 \pm 0.8$    | 34.4 - 37.1 |  |
| WBC ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 18      | $12.3 \pm 4.5$    | 5.8 - 20.6  | 9 | $12 \pm 4.3$      | 6.3 - 18.4  | 9 | $12.7 \pm 4.9$    | 5.8 - 20.6  |  |
| Neut (%)                          | 18      | $58.3 \pm 18.2$   | 26.5 - 89.6 | 9 | $52.3 \pm 19.7$   | 26.5 - 80.6 | 9 | $64.4 \pm 15.3$   | 37 - 89.6   |  |
| Lymp (%)                          | 18      | $33.7 \pm 15.1$   | 8.7 - 56.9  | 9 | $37.5 \pm 16.2$   | 15.4 - 56.9 | 9 | $30 \pm 13.8$     | 8.7 - 55.3  |  |
| Mono(%)                           | 18      | $4.5 \pm 2.5$     | 1.2 - 11    | 9 | $5.5 \pm 2.8$     | 1.4 - 11    | 9 | $3.4 \pm 1.6$     | 1.2 - 6     |  |
| Eos %                             | 18      | $3.5 \pm 3.7$     | 0 - 12.3    | 9 | $4.7 \pm 4.3$     | 0.1 - 12.3  | 9 | $2.2 \pm 2.6$     | 0 - 7.8     |  |
| Baso (%)                          | 18      | $0.1 \pm 0.1$     | 0 - 0.1     | 9 | $0 \pm 0.1$       | 0 - 0.1     | 9 | $0.1 \pm 0.1$     | 0 - 0.1     |  |
| PLT ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 18      | $356.2 \pm 172.7$ | 120 - 656   | 9 | $311.8 \pm 161.1$ | 120 - 563   | 9 | $400.6 \pm 181.7$ | 122 - 656   |  |

Fuente: Elaboración propia

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras en los valores de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, conteo total de leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y plaquetas. Estos parámetros mostraron una distribución general uniforme entre ambos grupos, reflejando una similitud en los recuentos celulares y proporciones diferenciales.

Durante la revisión de los datos se identificaron valores atípicos en ambos grupos. En los machos se registraron tres valores atípicos en el conteo de eritrocitos, con concentraciones de  $6.7 \times 10^6/\mu\text{L}$ ,  $6.8 \times 10^6/\mu\text{L}$  y  $5.31 \times 10^6/\mu\text{L}$ . En las hembras se detectó un valor atípico en la concentración de hemoglobina corpuscular media de 34.4 g/dL y otro en el porcentaje de linfocitos de 55.3 %.

En la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) se observó una diferencia significativa entre sexos. Los machos presentaron un promedio de 34.9 g/dL, con valores entre 34.0 y 35.6 g/dL, mientras que las hembras registraron un promedio de 35.9 g/dL, con valores entre 34.4 y 37.1 g/dL.



**Figura 7.** Diferencia de concentración hemoglobina corpuscular media entre machos y hembras.

### 7.2.2 Bioquímica comparativa entre sexos

**Tabla 4.** Parámetros bioquímicos en machos y hembras de monos carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

| Parámetros   | Muestra |                   |           | Machos |                   |           | Hembras |                   |           |
|--------------|---------|-------------------|-----------|--------|-------------------|-----------|---------|-------------------|-----------|
|              | N       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max   | n      | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max   | n       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max   |
| CREA mg/dL   | 18      | $0.6 \pm 0.2$     | 0.4 - 1   | 9      | $0.6 \pm 0.2$     | 0.4 - 0.9 | 9       | $0.7 \pm 0.2$     | 0.5 - 1   |
| BUN mg/dL    | 18      | $20 \pm 11.6$     | 8 - 61    | 9      | $15.9 \pm 5.9$    | 8 - 25    | 9       | $24.1 \pm 14.6$   | 10 - 61   |
| ALT U/L      | 18      | $60.1 \pm 18.7$   | 40 - 121  | 9      | $57.8 \pm 9$      | 49 - 76   | 9       | $62.4 \pm 25.5$   | 40 - 121  |
| ALP U/L      | 18      | $191.3 \pm 154.3$ | 32 - 519  | 9      | $184.9 \pm 142.7$ | 32 - 484  | 9       | $197.7 \pm 173.7$ | 68 - 519  |
| GLUC (mg/dL) | 18      | $69.7 \pm 55.4$   | 19 - 201  | 9      | $80.3 \pm 62.1$   | 19 - 201  | 9       | $59.1 \pm 49.2$   | 21 - 166  |
| TP (g/dL)    | 18      | $7.3 \pm 0.6$     | 6.3 - 8.5 | 9      | $7.2 \pm 0.7$     | 6.3 - 8.1 | 9       | $7.4 \pm 0.6$     | 6.8 - 8.5 |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en los valores de creatinina, nitrógeno ureico en sangre (BUN), alanina

aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), glucosa y proteínas totales. Los promedios obtenidos se mantuvieron cercanos entre ambos grupos, sin evidenciar variaciones relevantes en la concentración de metabolitos ni enzimáticas.

Durante la revisión individual de los datos se identificaron valores atípicos en ambos sexos. En los machos se registró un valor atípico en ALT de 76 U/L, así como dos valores elevados en ALP de 324 y 484 U/L. En glucosa se identificaron dos valores atípicos de 141 y 201 mg/dL, coincidiendo el último con el mismo individuo que presentó la ALP de 484 U/L.

En las hembras se observó un valor atípico de creatinina de 1 mg/dL y otro de BUN de 61 mg/dL, correspondientes al mismo individuo. Asimismo, se detectó un valor atípico de ALT de 121 U/L, junto con dos valores atípicos en ALP de 478 y 519 U/L. En glucosa se presentaron dos valores atípicos de 112 y 166 mg/dL, siendo el de 166 coincidente con el individuo que mostró el valor elevado de ALT.

### **7.3 Comparativa entre estadios etarios**

Para la comparación entre estadios etarios se trabajó con una muestra de 20 individuos, conformada por 10 juveniles y 10 adultos seleccionados aleatoriamente. En el caso de los adultos con rango de edad entre 6-12 años, la selección se realizó entre los tres centros de manejo, considerando tanto machos como hembras. En los juveniles con rango de edad entre 1-5 años, se incluyó la totalidad de los individuos disponibles, manteniendo igualmente ambos sexos representados.

#### **7.3.1 Hematología comparativa entre estadios etarios**

**Tabla 5.** Parámetros hematológicos entre estadios etarios de monos carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

| Parámetros                        | Muestra |                   |             |    | Adultos          |             |    |                  | Juveniles   |  |
|-----------------------------------|---------|-------------------|-------------|----|------------------|-------------|----|------------------|-------------|--|
|                                   | N       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     | n  | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max     | n  | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max     |  |
| RBC ( $\times 10^6/\mu\text{L}$ ) | 20      | $5.9 \pm 0.5$     | 5 - 6.8     | 10 | $6.1 \pm 0.5$    | 5.3 - 6.8   | 10 | $5.6 \pm 0.4$    | 5 - 6.2     |  |
| HCT (%)                           | 20      | $40.4 \pm 5.2$    | 32.6 - 50.6 | 10 | $42.6 \pm 5.7$   | 32.8 - 50.6 | 10 | $38.3 \pm 3.8$   | 32.6 - 44.8 |  |
| HGB (g/dL)                        | 20      | $14.6 \pm 1.8$    | 11.6 - 17.7 | 10 | $15.2 \pm 1.9$   | 11.6 - 17.7 | 10 | $13.9 \pm 1.4$   | 12 - 16.6   |  |
| VCM (fL)                          | 20      | $68.9 \pm 4.1$    | 62 - 74.4   | 10 | $69.4 \pm 4.6$   | 62 - 74.4   | 10 | $68.4 \pm 3.7$   | 64.3 - 74.3 |  |
| HCM (pg)                          | 20      | $24.8 \pm 1.7$    | 22 - 28.9   | 10 | $24.8 \pm 1.7$   | 22 - 26.8   | 10 | $24.8 \pm 1.9$   | 22.9 - 28.9 |  |
| CHCM (g/dL)                       | 20      | $36 \pm 1.4$      | 34.1 - 40.2 | 10 | $35.7 \pm 1.1$   | 34.2 - 38.2 | 10 | $36.3 \pm 1.6$   | 34.1 - 40.2 |  |
| WBC ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 20      | $12.7 \pm 4.5$    | 4.7 - 20.6  | 10 | $11.1 \pm 3.6$   | 5.8 - 17    | 10 | $14.3 \pm 4.8$   | 4.7 - 20.6  |  |
| Neut (%)                          | 20      | $58.4 \pm 16.7$   | 26.5 - 89.6 | 10 | $60.8 \pm 16.7$  | 37 - 89.6   | 10 | $56 \pm 17.2$    | 26.5 - 74.5 |  |
| Lymp (%)                          | 20      | $33.7 \pm 13.9$   | 8.7 - 56.9  | 10 | $30.6 \pm 14.3$  | 8.7 - 55.3  | 10 | $36.9 \pm 13.6$  | 21.2 - 56.9 |  |
| Mono (%)                          | 20      | $4 \pm 2.4$       | 1.2 - 11    | 10 | $3.9 \pm 1.9$    | 1.3 - 7.6   | 10 | $4.1 \pm 2.9$    | 1.2 - 11    |  |
| Eos %                             | 20      | $3.8 \pm 4.4$     | 0 - 16      | 10 | $4.6 \pm 5.7$    | 0 - 16      | 10 | $2.9 \pm 2.6$    | 0.1 - 9.3   |  |
| Baso (%)                          | 20      | $0.1 \pm 0.1$     | 0 - 0.4     | 10 | $0.1 \pm 0.1$    | 0 - 0.4     | 10 | $0 \pm 0.1$      | 0 - 0.1     |  |
| PLT ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 20      | $343.2 \pm 164.5$ | 120 - 656   | 10 | $323 \pm 163.2$  | 120 - 572   | 10 | $363.3 \pm 172$  | 141 - 656   |  |

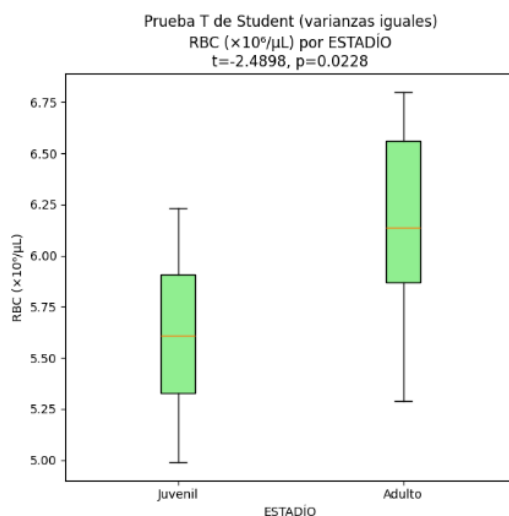
Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron que la mayoría de los parámetros hematológicos no presentaron diferencias significativas entre los grupos etarios. No se observaron variaciones relevantes en hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de hemoglobina corpuscular media, conteo total de leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y plaquetas.

En el análisis de valores atípicos se identificaron observaciones puntuales. En los juveniles, la concentración de hemoglobina corpuscular media presentó un valor atípico de 40.2 g/dL. En monocitos se registraron dos valores atípicos de 7.1 % y 11 %, mientras que en eosinófilos se observó un valor atípico de 9.3 %, correspondiente al mismo individuo que presentó el valor de 11 % en monocitos. En los adultos, se detectó un valor atípico de 38.2 g/dL en la concentración de hemoglobina corpuscular media, dos valores atípicos en eosinófilos de 12.3 % y 7.9 %, y un valor atípico de 0.4 % en basófilos.

El conteo de eritrocitos fue el único parámetro que presentó una diferencia estadísticamente significativa entre juveniles y adultos. Los adultos registraron valores promedio de  $6.1 \pm$

$0.5 \times 10^6/\mu\text{L}$ , con un rango de  $5.3$  a  $6.8 \times 10^6/\mu\text{L}$ , mientras que los juveniles presentaron un promedio de  $5.6 \pm 0.4 \times 10^6/\mu\text{L}$ , con valores entre  $5.0$  y  $6.2 \times 10^6/\mu\text{L}$ . Estos resultados reflejan un incremento en el número de eritrocitos en los individuos adultos con respecto a los juveniles.



**Figura 8.** Diferencia de conteo de eritrocitos estadio etario.

### 7.3.2 Bioquímica comparativa entre estadios etarios

**Tabla 6.** Parámetros bioquímicos entre estadios etarios de monos carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

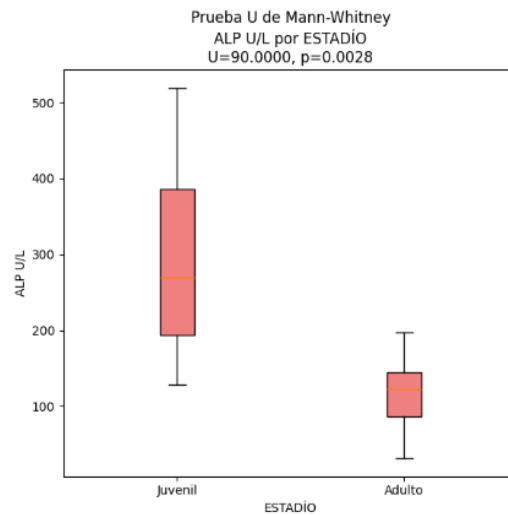
| Parámetros   | Muestra |                         |           | Adultos |                         |           | Juveniles |                         |           |
|--------------|---------|-------------------------|-----------|---------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|
|              | N       | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   | n       | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   | n         | $\bar{x} \pm \text{SD}$ | Min-Max   |
| CREA mg/dL   | 20      | $0.6 \pm 0.2$           | 0.4 - 1.1 | 10      | $0.7 \pm 0.2$           | 0.4 - 1.1 | 10        | $0.6 \pm 0.1$           | 0.4 - 0.8 |
| BUN mg/dL    | 20      | $20.6 \pm 10.8$         | 8 - 61    | 10      | $22.2 \pm 15$           | 8 - 61    | 10        | $18.9 \pm 4.2$          | 14 - 25   |
| ALT U/L      | 20      | $58 \pm 9.9$            | 41 - 81   | 10      | $56.4 \pm 13.1$         | 41 - 81   | 10        | $59.6 \pm 5.3$          | 51 - 67   |
| ALP U/L      | 20      | $206.9 \pm 138.9$       | 32 - 519  | 10      | $115.9 \pm 47.2$        | 32 - 197  | 10        | $297.9 \pm 141.7$       | 128 - 519 |
| GLUC (mg/dL) | 20      | $70.3 \pm 48.1$         | 21 - 201  | 10      | $63.7 \pm 45.1$         | 21 - 141  | 10        | $76.8 \pm 52.5$         | 23 - 201  |
| TP (g/dL)    | 20      | $7.5 \pm 0.6$           | 6.3 - 8.5 | 10      | $7.3 \pm 0.6$           | 6.3 - 8.3 | 10        | $7.7 \pm 0.5$           | 6.6 - 8.5 |

Fuente: Elaboración propia

En la comparación de los parámetros bioquímicos entre los grupos etarios, los resultados mostraron una distribución homogénea en la mayoría de las variables analizadas. No se registraron diferencias significativas entre juveniles y adultos en los valores de creatinina, nitrógeno ureico sanguíneo, alanina aminotransferasa, glucosa y proteínas totales.

En el análisis de valores atípicos se identificaron varias observaciones relevantes. En juveniles, la alanina aminotransferasa presentó dos valores atípicos de 51 U/L. La glucosa mostró un valor atípico de 201 mg/dL, mientras que las proteínas totales presentaron cuatro valores atípicos: 7.0 g/dL, 6.6 g/dL, 8.0 g/dL y 8.5 g/dL, coincidiendo este último con uno de los valores atípicos de ALT (51 U/L) en el mismo individuo. En los adultos, se registró un valor atípico de 61 mg/dL en el nitrógeno ureico sanguíneo y otro de 81 U/L en la alanina aminotransferasa, ambos correspondientes al mismo individuo. En las proteínas totales de los adultos se identificaron tres valores atípicos de 8.3 g/dL, 8.1 g/dL y 6.3 g/dL.

La fosfatasa alcalina fue el único parámetro que presentó una diferencia estadísticamente significativa entre juveniles y adultos. En los juveniles, el promedio fue de  $297.8 \pm 141.7$  U/L, con valores entre 128 y 519 U/L, mientras que en los adultos fue de  $115.9 \pm 40.2$  U/L, con un rango de 32 a 197 U/L. Esta diferencia refleja una mayor actividad de la enzima en los individuos juveniles con respecto a los adultos.



**Figura 9.** Diferencia de fosfatasa alcalina entre estadios etarios.

#### 7.4 Comparativa entre factores preanalíticos

Durante el proceso de muestreo se consideraron diversos factores preanalíticos que podrían influir en los resultados hematológicos y bioquímicos. Sin embargo, solo se incluyeron aquellos que presentaron variaciones reales entre los individuos, específicamente el protocolo anestésico empleado y el tiempo transcurrido entre la toma de muestra y su procesamiento.

En total se trabajó con 30 individuos, aunque para el análisis de los protocolos anestésicos se seleccionó una submuestra de 20 ejemplares, conformada por 10 individuos sedados con tiletamina-zolazepam y 10 individuos sedados con ketamina-dexmedetomidina. Esta selección se realizó de manera aleatoria dentro de los centros de manejo, con el objetivo de mantener un número equilibrado de individuos por protocolo y reducir el sesgo derivado del lugar de origen o las condiciones de captura.

Otros factores preanalíticos, como la dieta y el tipo de tubo empleado, no fueron considerados en el análisis comparativo debido a su uniformidad o a la falta de información

suficiente. La dieta no se incluyó por la ausencia de registros nutricionales consistentes entre los centros. Los tubos de recolección utilizados fueron los mismos para todos los individuos: microtubos con EDTA de 0.5 mL para hematología y tubos de tapón rojo de 7 mL sin anticoagulante para bioquímica. En cuanto a la temperatura de transporte, se procuró mantener las muestras dentro de la cadena de frío (2-8 °C); sin embargo, en algunos casos podrían haberse producido interrupciones parciales durante el manejo y traslado del material biológico, situación atribuible a condiciones fuera del control directo del equipo técnico.

Asimismo, el nivel de estrés previo a la toma de muestra no pudo ser correlacionado estadísticamente debido a la inconsistencia en los registros de manejo y contención. Algunos individuos fueron contenidos físicamente antes de la sedación, mientras que otros fueron sedados directamente a distancia, generando variabilidad no cuantificable. Sin la aplicación de pruebas específicas para la determinación de cortisol u otros biomarcadores de estrés, no fue posible establecer una relación objetiva entre este factor y las posibles alteraciones hematológicas o bioquímicas. No obstante, a nivel individual se observaron ciertos patrones que podrían sugerir una influencia del estrés, aunque sin respaldo estadístico verificable.

#### 7.4.1 Hematología comparativa entre protocolos anestésicos

**Tabla 7.** Parámetros hematológicos según protocolo anestésico en mono carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

| Parámetros                        | Muestra |                   |             | Ketamina+Dexmedetomidina |                  |             | Tiletamina+Zolazepam |                   |             |
|-----------------------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------|------------------|-------------|----------------------|-------------------|-------------|
|                                   | N       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     | n                        | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max     | n                    | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max     |
| RBC ( $\times 10^6/\mu\text{L}$ ) | 20      | $5.9 \pm 0.5$     | 5 - 6.7     | 10                       | $6.1 \pm 0.4$    | 5.3 - 6.6   | 10                   | $5.7 \pm 0.5$     | 5 - 6.7     |
| HCT (%)                           | 20      | $40.5 \pm 4.8$    | 32.6 - 48.8 | 10                       | $42.2 \pm 4.5$   | 32.8 - 46.6 | 10                   | $38.7 \pm 4.7$    | 32.6 - 48.8 |
| HGB (g/dL)                        | 20      | $14.6 \pm 1.7$    | 11.6 - 17.2 | 10                       | $15.1 \pm 1.6$   | 11.6 - 16.7 | 10                   | $14.1 \pm 1.8$    | 12 - 17.2   |
| VCM (fL)                          | 20      | $68.9 \pm 4$      | 62 - 74.8   | 10                       | $69.7 \pm 4.7$   | 62 - 74.8   | 10                   | $68.1 \pm 3.4$    | 64.3 - 72.9 |
| HCM (pg)                          | 20      | $24.8 \pm 1.7$    | 22 - 28.9   | 10                       | $24.9 \pm 1.6$   | 22 - 26.8   | 10                   | $24.8 \pm 1.9$    | 22.9 - 28.9 |
| CHCM (g/dL)                       | 20      | $36.1 \pm 1.1$    | 34.6 - 40.2 | 10                       | $35.7 \pm 0.5$   | 34.6 - 36.2 | 10                   | $36.5 \pm 1.5$    | 35.1 - 40.2 |
| WBC ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 20      | $11.9 \pm 4.9$    | 4.7 - 20.6  | 10                       | $9 \pm 4.4$      | 4.7 - 17    | 10                   | $14.8 \pm 3.6$    | 9.5 - 20.6  |
| PLT ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 20      | $347.5 \pm 146.1$ | 122 - 656   | 10                       | $275.1 \pm 81.7$ | 122 - 360   | 10                   | $419.8 \pm 163.5$ | 141 - 656   |

Fuente: Elaboración propia

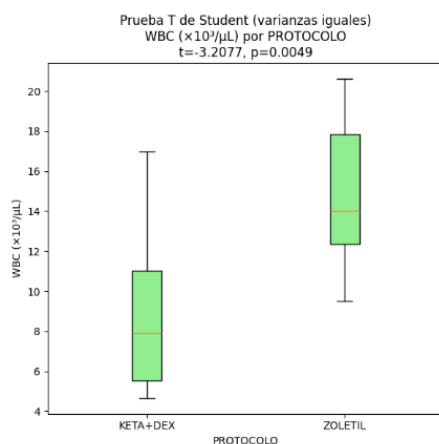
Para este análisis se consideraron únicamente los parámetros con posible sensibilidad al tipo de anestesia, incluyendo el recuento de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de hemoglobina corpuscular media, glóbulos blancos y plaquetas. Se decidió limitar la comparación a estos parámetros, ya que otros componentes del hemograma podrían verse afectados por factores distintos al anestésico y no mostrar relación directa con los protocolos.

Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre ambos protocolos en los valores de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media y concentración de hemoglobina corpuscular media

En el protocolo con ketamina-dexmedetomidina se identificaron dos valores atípicos pertenecientes al mismo individuo: un hematocrito de 32.8 % y una hemoglobina de 11.6

g/dL. En el protocolo con tiletamina-zolazepam también se observaron dos valores atípicos en un mismo individuo, correspondientes a un HCM de 28.9 pg y un CHCM de 40.2 g/dL.

En los parámetros con diferencias significativas, los glóbulos blancos presentaron un promedio de  $9.0 \pm 4.4 \times 10^3/\mu\text{L}$  en el grupo de ketamina-dexmedetomidina, con valores entre 4.7 y  $17 \times 10^3/\mu\text{L}$ , mientras que en el grupo de tiletamina-zolazepam el promedio fue de  $14.8 \pm 3.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con un rango de 9.5 a  $20.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ . En cuanto a las plaquetas, el promedio en el grupo de ketamina-dexmedetomidina fue de  $275.1 \pm 81.7 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con un rango entre 122 y  $360 \times 10^3/\mu\text{L}$ , y en el grupo de tiletamina-zolazepam se registró un promedio de  $419.8 \pm 163.5 \times 10^3/\mu\text{L}$ , con valores entre 141 y  $656 \times 10^3/\mu\text{L}$ .



**Figura 10.** Diferencia de conteo de leucocitos totales entre protocolos anestésicos.

#### 7.4.2 Bioquímica comparativa entre protocolos anestésicos

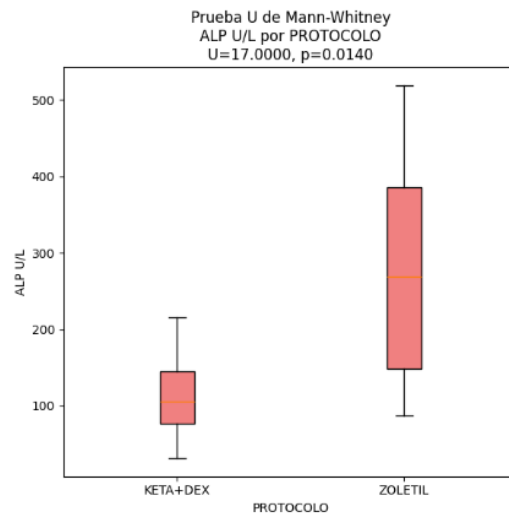
**Tabla 8.** Parámetros bioquímicos según protocolo anestésico en mono carablanca (*Cebus imitator*) *ex situ*.

| Parámetros   | Muestra |                   |           | Ketamina+Dexmedetomidina |                  |           | Tiletamina+Zolazepam |                   |           |
|--------------|---------|-------------------|-----------|--------------------------|------------------|-----------|----------------------|-------------------|-----------|
|              | N       | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max   | n                        | $\bar{x} \pm SD$ | Min-Max   | n                    | $\bar{x} \pm SD$  | Min-Max   |
| CREA mg/dL   | 20      | $0.6 \pm 0.2$     | 0.4 - 1.1 | 10                       | $0.7 \pm 0.2$    | 0.5 - 1.1 | 10                   | $0.6 \pm 0.2$     | 0.4 - 0.9 |
| BUN mg/dL    | 20      | $19.2 \pm 11$     | 9 - 61    | 10                       | $20.2 \pm 15.5$  | 9 - 61    | 10                   | $18.2 \pm 3.6$    | 14 - 24   |
| ALT U/L      | 20      | $61 \pm 17.9$     | 41 - 121  | 10                       | $64.9 \pm 24.4$  | 41 - 121  | 10                   | $57 \pm 6.9$      | 47 - 67   |
| ALP U/L      | 20      | $200.8 \pm 143.3$ | 32 - 519  | 10                       | $117.7 \pm 59$   | 32 - 216  | 10                   | $283.8 \pm 156.6$ | 87 - 519  |
| GLUC (mg/dL) | 20      | $87.6 \pm 56.1$   | 21 - 201  | 10                       | $89.8 \pm 64.4$  | 21 - 166  | 10                   | $85.3 \pm 49.8$   | 39 - 201  |
| TP (g/dL)    | 20      | $7.6 \pm 0.5$     | 6.8 - 8.5 | 10                       | $7.3 \pm 0.4$    | 6.8 - 8.1 | 10                   | $7.9 \pm 0.3$     | 7.6 - 8.5 |

Fuente: Elaboración propia

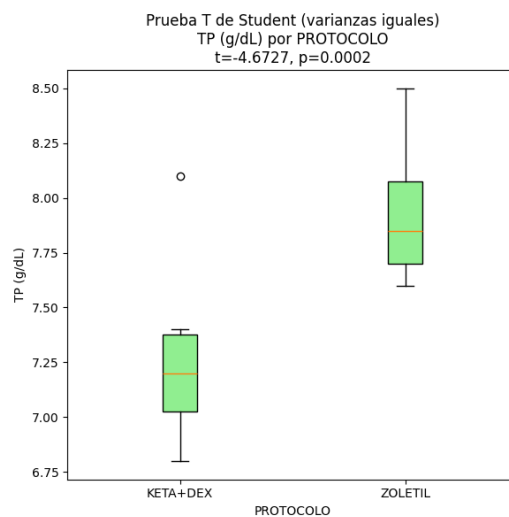
Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre ambos protocolos en los valores de creatinina, BUN, ALT y glucosa. En cambio, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de fosfatasa alcalina (ALP) y proteínas totales (TP). En el protocolo con ketamina-dexmedetomidina se identificaron tres valores atípicos: uno en BUN de 61 mg/dL, uno en ALT de 121 U/L y otro en proteína total de 8.1 g/dL. En el protocolo con tiletamina-zolazepam, se registró un valor atípico de glucosa de 201 mg/dL.

En los parámetros con diferencias significativas, la fosfatasa alcalina (ALP) presentó un promedio de  $117.7 \pm 29$  U/L en el grupo de ketamina-dexmedetomidina, con valores entre 32 y 216 U/L, mientras que en el grupo de tiletamina-zolazepam el promedio fue de  $283.8 \pm 256.6$  U/L, con valores entre 87 y 519 U/L.



**Figura 11.** Diferencia de fosfatasa alcalina entre protocolos anestésicos.

En cuanto a las proteínas totales (TP), el grupo de ketamina-dexmedetomidina registró un promedio de  $7.3 \pm 0.4$  g/dL, con valores entre 6.8 y 8.1 g/dL, y el grupo de tiletamina-zolazepam mostró un promedio de  $7.9 \pm 0.3$  g/dL, con valores entre 7.6 y 8.5 g/dL.



**Figura 12.** Diferencia de proteínas totales entre protocolos anestésicos.

### 7.4.3 Correlación entre factores preanalíticos

**Tabla 9.** Factores preanalíticos y parámetros fisiológicos de monos carablanca (*Cebus imitator*) en centros de manejo *ex situ*.

| Centro                          | Protocolo                | Parámetros Fisiológicos |              |             | Lapso preanalítico (mins) |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
|                                 |                          | T (°C)                  | FC (lpm)     | FR (rpm)    |                           |
| Maya Key                        | Ketamina+Dexmedetomidina | 37.1 ± 1.4              | 113.2 ± 18.3 | 42 ± 10.7   | 293.1 ± 103.2             |
| Daniel Johnson's Monkey & Sloth | Tiletamina+Zolazepam     | 39.9 ± 0.8              | 204.4 ± 26.2 | 97.2 ± 24.8 | 278.6 ± 106.1             |
| Mayan Jungle                    | Ketamina+Dexmedetomidina | 39.1 ± 0.8              | 138.1 ± 23.3 | 48.4 ± 9.9  | 1276.4 ± 181              |

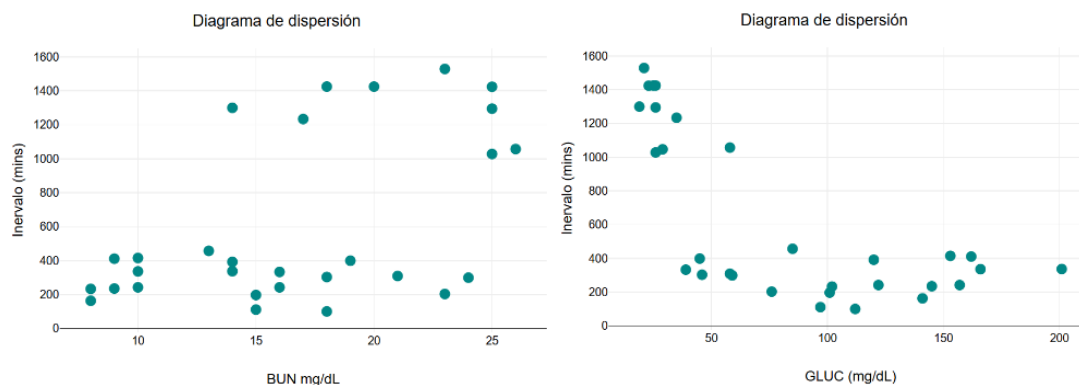
Fuente: Elaboración propia

Los resultados entre protocolo anestésico respecto a parámetros fisiológicos mostraron que las frecuencias cardíaca y respiratoria presentaron promedios similares entre Maya Key y Maya Jungle bajo el protocolo de ketamina-dexmedetomidina. En contraste, el protocolo de tiletamina-zolazepam aplicado en Daniel Johnson evidenció valores promedio más elevados tanto en frecuencia cardíaca como en frecuencia respiratoria. En cuanto a la temperatura corporal, el centro Maya Key registró un promedio inferior en comparación con la similitud observada entre Daniel Johnson y Maya Jungle.

Respecto al lapso preanalítico, el menor tiempo transcurrido entre la toma y el procesamiento de las muestras se registró en Daniel Johnson, seguido de Maya Key, mientras que el intervalo más prolongado correspondió a Maya Jungle. Los resultados mostraron que no existió una correlación estadísticamente significativa entre el tiempo de procesamiento y los parámetros hematológicos, incluyendo el conteo de glóbulos rojos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de hemoglobina corpuscular media, glóbulos blancos y plaquetas.

De igual forma, la mayoría de los parámetros bioquímicos no evidenciaron correlaciones significativas con el tiempo de procesamiento. Sin embargo, el nitrógeno ureico en sangre

(BUN) presentó una correlación positiva significativa, mientras que la glucosa mostró una correlación negativa significativa con respecto al tiempo transcurrido entre la toma y el análisis de las muestras.



**Figura 13.** Correlación lineal de nitrógeno ureico en sangre y glucosa entre lapso preanalítico (mins)

## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1 Hematología entre centros

Los resultados hematológicos obtenidos en los individuos de *Cebus imitator* muestreados en los centros *ex situ* de Roatán se mantuvieron dentro o próximos a los rangos de referencia reportados por Bernal Valle *et al.* (2020) para poblaciones silvestres en Costa Rica y por Chavez Ramírez *et al.* (2022) para individuos de cautiverio en Panamá. En general, no se observaron alteraciones compatibles con procesos anémicos, infecciosos o inflamatorios sistémicos, lo que sugiere un estado hematológico estable y una adecuada homeostasis fisiológica bajo las condiciones de manejo.

Los valores medios de hematocrito (40 %) y hemoglobina (12 g/dL) concuerdan estrechamente con los promedios descritos por Bernal-Valle ( $Hto = 39.9 \pm 4.6$  %;  $Hb = 12.0 \pm 2.1$  g/dL) y Chávez-Ramírez ( $Hto = 40.5-42.6$  %;  $Hb = 11.7-12.2$  g/dL), evidenciando una masa eritrocitaria adecuada y ausencia de anemia o hemodilución. Las ligeras variaciones individuales detectadas pueden relacionarse con diferencias en hidratación, ayuno o respuesta adrenérgica al momento de la toma de muestra.

El valor promedio de CHCM (31 g/dL) coincide con los intervalos reportados por ambos autores (28.9-31.2 g/dL), lo que respalda una oxigenación tisular eficiente y una correcta concentración de hemoglobina por eritrocito. La congruencia entre hematocrito, hemoglobina y CHCM confirma la estabilidad del componente eritrocitario en los individuos estudiados.

Los recuentos leucocitarios observados en Daniel Johnson's y Mayan Jungle, más cercanos a los valores reportados por Bernal-Valle y Chavez-Ramírez para individuos en vida libre ( $10.3 \times 10^3/\mu\text{L}$  y  $9.6\text{-}10.2 \times 10^3 /\mu\text{L}$ ), pueden explicarse por una mayor estimulación inmunológica basal, asociada a entornos más dinámicos, mayor rotación de individuos y un tiempo de estadía reciente menor desde su depósito en el centro, donde aún persisten estímulos ambientales y sociales capaces de mantener un nivel leucocitario relativamente alto sin implicar patología. En contraste, el valor notablemente menor registrado en Maya Key podría deberse a una adaptación inmunológica a largo plazo en un entorno más estable y predecible, donde los individuos llevan más tiempo en cautiverio y enfrentan menos variabilidad antigénica, lo que reduce la necesidad de mantener un recuento leucocitario elevado.

El recuento diferencial leucocitario mostró proporciones similares a las establecidas por Bernal Valle: neutrófilos = 42.7 %, linfocitos = 49.2 %, eosinófilos = 4.9 %, monocitos = 0.8 % y basófilos = 0.6 %. Este patrón linfocitario dominante es característico de primates neotropicales y denota una respuesta inmune basal equilibrada. La leve variación hacia valores neutrofílicos en algunos individuos probablemente refleja respuestas agudas al manejo o manipulación física, sin relevancia clínica sostenida.

Los valores de eosinófilos se mantuvieron dentro del rango fisiológico descrito por Bernal-Valle (4.2–14 %), que pueden explicarse por exposición parasitaria recurrente asociada al tipo de alojamiento. En estos centros, los individuos comparten jaulas en grupos de dos o más, lo que favorece la transmisión cruzada de parásitos gastrointestinales o cutáneos y la reinfección post-desparasitación, generando respuestas eosinofílicas más elevadas. En cambio, en Mayan Jungle, donde los individuos se mantienen en jaulas individuales, la posibilidad de reinfección o contaminación cruzada es mucho menor, lo que concuerda con valores eosinofílicos reducidos. Así, las diferencias entre centros reflejan no

solo variabilidad biológica, sino también el impacto directo del sistema de alojamiento y del manejo sanitario sobre la estimulación inmunológica asociada a parasitismo.

En síntesis, el perfil hematológico de los individuos analizados se mantiene dentro de la normalidad establecida para *Cebus imitator*, sin signos de estrés fisiológico severo ni desequilibrios hematopoyéticos. Las ligeras variaciones detectadas son compatibles con diferencias individuales, factores preanalíticos (tiempo hasta el procesamiento, ayuno, grado de excitación) y condiciones ambientales propias de cada centro de manejo, más que con alteraciones patológicas reales.

## **8.2 Bioquímica entre centros**

En la comparación de los parámetros bioquímicos entre los tres centros de manejo Maya Key, Daniel Johnson's Monkey & Sloth y Mayan Jungle los valores obtenidos se mantuvieron dentro o próximos a los rangos descritos para *Cebus imitator* por Bernal Valle (2020) y para *Cebus capucinus* por Crofoot *et al.* (2019), evidenciando una estabilidad metabólica general. Sin embargo, se observaron variaciones entre centros en algunos metabolitos, asociadas principalmente a diferencias individuales, condiciones ambientales y factores preanalíticos.

El nitrógeno ureico en sangre (BUN) mostró variaciones más notorias. En Mayan Jungle, los valores ( $25.4 \pm 13.2$  mg/dL) se acercan al límite superior del rango convertido de Bernal-Valle ( $16.8 \pm 6.7$  mg/dL), mientras que Daniel Johnson's presentó valores intermedios ( $18.2 \pm 3.6$  mg/dL) y Maya Key los más bajos ( $10.8 \pm 2.9$  mg/dL). Este patrón puede asociarse a diferencias en el estado de hidratación y el tiempo transcurrido antes del procesamiento: los valores más altos reflejarían hemoconcentración o leve deshidratación,

mientras que los más bajos indican una conservación adecuada en cadena de frío y un manejo más eficiente de las muestras.

La glucosa presentó las mayores discrepancias entre centros. Al compararse con el valor medio de *C. capucinus* reportado por Crofoot ( $86.6 \pm 18.4$  mg/dL), Daniel Johnson's Monkey & Sloth mostró promedios similares ( $85.3 \pm 49.8$  mg/dL), evidenciando un equilibrio glucémico dentro del rango fisiológico. En Maya Key, los valores más altos ( $133.4 \pm 28.9$  mg/dL) se explican por hiperglucemia transitoria inducida por catecolaminas, un fenómeno esperado bajo estrés anestésico o manipulación. En cambio, Mayan Jungle presentó valores marcadamente bajos ( $28.8 \pm 11.2$  mg/dL), compatibles con hipoglucemia preanalítica, producida por el consumo de glucosa durante lapsos prolongados entre la toma y el procesamiento del suero.

En cuanto a las proteínas totales, los valores oscilaron entre 7.1 y 7.9 g/dL, situándose dentro del intervalo reportado por Bernal-Valle ( $7.21 \pm 1.02$  g/dL) y por Crofoot ( $7.9 \pm 1.2$  g/dL). Daniel Johnson's Monkey & Sloth mostró los valores más altos ( $7.9 \pm 0.3$  g/dL), lo que podría indicar una ligera hemoconcentración o una dieta con mayor aporte proteico, mientras que Maya Key y Mayan Jungle presentaron concentraciones estables, reflejando un balance proteico y nutricional adecuado en los individuos muestreados.

En conjunto, los resultados bioquímicos obtenidos en los tres centros reflejan un perfil metabólico estable y consistente con los parámetros fisiológicos del género *Cebus*. Las variaciones detectadas responden principalmente a condiciones preanalíticas y ambientales como tiempo hasta el procesamiento, temperatura y grado de estrés antes que a disfunciones fisiológicas o patológicas. Estos hallazgos confirman que los individuos mantenidos bajo manejo *ex situ* en Roatán conservan una adecuada función renal, hepática y metabólica, comparable a la de poblaciones silvestres sanas reportadas en estudios previos.

### 8.3 Hematología entre sexos

Los resultados hematológicos obtenidos para machos y hembras de *Cebus imitator* no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los principales parámetros eritrocitarios y leucocitarios. Los valores de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), conteo total de leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y plaquetas mostraron una distribución uniforme entre ambos sexos, lo que sugiere un equilibrio hematopoyético estable y una respuesta inmunitaria similar bajo condiciones de manejo *ex situ*.

El CHCM presentó una diferencia significativa entre grupos, con promedios de 34.9 g/dL en machos (rango 34.0-35.6) y 35.9 g/dL en hembras (rango 34.4-37.1), valor superior al promedio reportado por Bernal-Valle ( $31.0 \pm 2.7$  g/dL) y por Chávez-Ramírez ( $28.9 \pm 0.9$  g/dL). Esta discrepancia probablemente obedece a variaciones analíticas entre equipos o métodos de medición, o bien a diferencias fisiológicas menores asociadas a la hidratación o concentración de hemoglobina intracelular, sin implicaciones clínicas relevantes.

En conjunto, los resultados reflejan una homogeneidad hematológica entre sexos, sin indicios de dimorfismo funcional relevante. Las variaciones detectadas en CHCM, linfocitos o eritrocitos son compatibles con diferencias fisiológicas individuales y no con alteraciones patológicas. El equilibrio general entre parámetros eritrocitarios y leucocitarios indica un estado hematológico estable tanto en machos como en hembras de *Cebus imitator* bajo manejo *ex situ*, coherente con los rangos fisiológicos descritos para el género *Cebus* en poblaciones naturales y en cautiverio controlado.

#### 8.4 Bioquímica entre sexos

Los resultados bioquímicos entre machos y hembras de *Cebus imitator* evidenciaron una estabilidad general en los valores obtenidos, manteniéndose dentro o próximos a los rangos fisiológicos reportados por Bernal Valle *et al.* (2020) para poblaciones silvestres de Costa Rica y por Crofoot *et al.* (2019) para *C. capucinus* en Panamá. La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en creatinina, nitrógeno ureico, enzimas hepáticas, proteínas totales y glucosa indica que el sexo no constituye un factor determinante sobre el metabolismo renal, hepático o energético bajo condiciones de manejo *ex situ*.

#### 8.5 Hematología entre estadíos etarios

Los resultados hematológicos entre los grupos etarios de *Cebus imitator* evidenciaron una homogeneidad general en la mayoría de los parámetros analizados, sin diferencias estadísticamente significativas en los valores de hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), conteo total de leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y plaquetas. Este comportamiento coincide con lo descrito por Bernal Valle *et al.* (2020) quien reportó una estabilidad hematológica entre distintas edades dentro del género *Cebus*.

El conteo de eritrocitos (RBC) fue el único parámetro que mostró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos etarios. Los adultos presentaron valores promedio de  $6.1 \pm 0.5 \times 10^6/\mu\text{L}$  (rango  $5.3\text{-}6.8 \times 10^6/\mu\text{L}$ ), mientras que los juveniles registraron un promedio inferior de  $5.6 \pm 0.4 \times 10^6/\mu\text{L}$  (rango  $5.0\text{-}6.2 \times 10^6/\mu\text{L}$ ). Este incremento en adultos es fisiológicamente coherente con la madurez eritropoyética y la mayor demanda metabólica asociada al crecimiento completo, actividad locomotora y regulación térmica, procesos que requieren una capacidad de transporte de oxígeno más elevada.

En conjunto, los resultados indican que las variaciones hematológicas entre juveniles y adultos de *Cebus imitator* responden principalmente a procesos de madurez fisiológica más que a alteraciones patológicas o ambientales. La estabilidad en los parámetros leucocitarios sugiere una respuesta inmunitaria bien regulada en ambas etapas, mientras que el aumento del conteo eritrocitario en adultos refuerza la interpretación de una hematopoyesis activa y adaptativa, congruente con la fisiología de la especie bajo condiciones controladas de manejo *ex situ*.

## 8.6 Bioquímica entre estadíos estarios

Los resultados obtenidos entre individuos juveniles y adultos de *Cebus imitator* mostraron una estabilidad bioquímica general, con valores dentro o próximos a los rangos fisiológicos descritos para el género *Cebus* por Bernal-Valle *et al.* (2020) y Crofoot *et al.* (2019). La ausencia de diferencias significativas en creatinina, nitrógeno ureico, ALT, glucosa y proteínas totales sugiere que el desarrollo ontogénico no ejerce una influencia marcada sobre la función renal, hepática o proteica bajo condiciones de manejo *ex situ*.

La fosfatasa alcalina (ALP) fue el único parámetro que mostró diferencias significativas entre grupos, con valores promedio de  $297.8 \pm 141.7$  U/L en juveniles y  $115.9 \pm 40.2$  U/L en adultos, en concordancia con el comportamiento fisiológico esperado. Según Crofoot *et al.* (2019), esta enzima presenta una actividad naturalmente mayor en individuos jóvenes ( $174.4 \pm 98.2$  U/L en *C. capucinus*) debido a su relación con el metabolismo óseo y la remodelación tisular durante el crecimiento. Por tanto, el incremento observado en los juveniles de *C. imitator* refleja una mayor tasa de actividad osteoblástica y no una disfunción hepática.

En conjunto, los resultados confirman que la madurez etaria no representa un factor determinante en la variabilidad bioquímica de *Cebus imitator* bajo manejo *ex situ*. Las diferencias observadas en ALP responden a procesos fisiológicos del crecimiento y no a alteraciones patológicas, mientras que el resto de parámetros se mantienen dentro de los rangos de normalidad descritos para el género *Cebus*. Este patrón refuerza la idea de que tanto juveniles como adultos conservan un metabolismo hepático y renal funcionalmente estable bajo condiciones controladas.

### **8.7 Hematología entre protocolos anestésicos**

Los resultados obtenidos mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos de ketamina-dexmedetomidina y tiletamina-zolazepam en los valores de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM). Esto sugiere que, dentro de las dosis empleadas, ninguno de los protocolos produjo alteraciones sustanciales en la eritropoyesis ni en el volumen o la concentración de hemoglobina de los eritrocitos.

Las diferencias estadísticamente significativas se evidenciaron en los parámetros leucocitarios y plaquetarios. El conteo total de glóbulos blancos fue mayor en el grupo de tiletamina-zolazepam ( $14.8 \pm 3.6 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) en comparación con el grupo de ketamina-dexmedetomidina ( $9.0 \pm 4.4 \times 10^3/\mu\text{L}$ ). Estos valores, aunque ambos similares reportados por Bernal-Valle ( $10.3 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) y Chávez-Ramírez ( $9.6\text{-}10.2 \times 10^3/\mu\text{L}$ ), reflejan una respuesta leucocitaria dependiente del protocolo anestésico. La elevación en el grupo de tiletamina-zolazepam puede asociarse a un aumento del tono simpático y liberación de catecolaminas, que provoca leucocitosis transitoria y redistribución de neutrófilos y linfocitos hacia el torrente sanguíneo. Por el contrario, la dexmedetomidina, con efecto

sedante y simpaticolítico, tiende a disminuir el recuento leucocitario total al reducir la actividad adrenal y la respuesta inflamatoria inducida por estrés.

En conjunto, los resultados evidencian que las variaciones hematológicas dependiendo de los protocolos anestésicos son principalmente funcionales y transitorias, sin comprometer la estabilidad eritrocitaria ni los valores basales de oxigenación. El protocolo ketamina-dexmedetomidina mostró un perfil menos reactivo al estrés, mientras que el protocolo tiletamina-zolazepam presentó incrementos moderados en leucocitos, atribuibles a una mayor estimulación simpática y hemodinámica durante la inducción.

## **8.8 Bioquímica entre protocolos anestésicos**

La comparación bioquímica entre los protocolos anestésicos ketamina-dexmedetomidina y tiletamina-zolazepam en individuos de *Cebus imitator* mostró un comportamiento general estable en la mayoría de los parámetros metabólicos, con diferencias significativas únicamente en la fosfatasa alcalina (ALP) y las proteínas totales (TP). Este patrón coincide con los rangos fisiológicos reportados para *C. imitator* por Bernal Valle *et al.* (2020) y para *C. capucinus* por Crofoot *et al.* (2019), lo que sugiere que las variaciones observadas están más asociadas al tipo de anestésico y a respuestas fisiológicas transitorias que a alteraciones metabólicas o hepáticas permanentes.

Las diferencias más notorias se observaron en la fosfatasa alcalina (ALP), cuyo promedio fue significativamente mayor en el protocolo tiletamina-zolazepam ( $283.8 \pm 156.6$  U/L) en comparación con el de ketamina-dexmedetomidina ( $117.7 \pm 59$  U/L). Estos valores, aunque dentro del rango fisiológico reportado por Crofoot ( $174.4 \pm 98.2$  U/L), podrían relacionarse con una mayor actividad osteoblástica o metabólica estimulada por el componente zolazepam, que tiende a producir una respuesta simpática más intensa y un aumento en la

liberación de enzimas de origen hepático y óseo. Este patrón también podría reflejar diferencias etarias entre los individuos anestesiados con cada protocolo, dado que la ALP se encuentra naturalmente más elevada en organismos jóvenes en crecimiento.

En las proteínas totales, los valores promedio fueron ligeramente superiores en el grupo tiletamina-zolazepam ( $7.9 \pm 0.3$  g/dL) respecto al grupo ketamina-dexmedetomidina ( $7.3 \pm 0.4$  g/dL), ambos dentro del rango fisiológico reportado por Bernal-Valle ( $7.21 \pm 1.02$  g/dL). Esta diferencia podría estar asociada a una leve hemoconcentración inducida por los efectos vasoconstrictores de la tiletamina, que reduce temporalmente el volumen plasmático, generando un incremento relativo en la concentración proteica sérica.

En conjunto, los resultados bioquímicos demuestran que ambos protocolos anestésicos mantienen un perfil metabólico estable y seguro en *Cebus imitator*, sin evidencia de alteración renal ni hepática significativa. Las diferencias en ALP y proteínas totales reflejan respuestas fisiológicas de los individuos, más que disfunciones orgánicas. Estos hallazgos respaldan la idoneidad de ambos protocolos para procedimientos de corta duración en primates bajo manejo *ex situ*, siempre que se controle el tiempo de ayuno y el procesamiento oportuno de las muestras.

## **8.9 Factores preanalíticos**

Los resultados fisiológicos mostraron variaciones entre los protocolos anestésicos utilizados y los centros de manejo. En los individuos de Maya Key y Mayan Jungle, ambos bajo el protocolo de ketamina-dexmedetomidina, las frecuencias cardíaca y respiratoria presentaron promedios similares, manteniéndose dentro de los límites fisiológicos para la especie. En cambio, en Daniel Johnson's Monkey & Sloth, donde se empleó tiletamina-zolazepam, se registraron valores más altos en ambas variables ( $FC = 204.4 \pm$

26.2 lpm; FR =  $97.2 \pm 24.8$  rpm), reflejando una respuesta fisiológica más estimulante en comparación con la sedación alfa-adrenérgica del primer protocolo.

La temperatura corporal se mantuvo dentro del rango normal en los tres centros, aunque con diferencias leves atribuibles a condiciones ambientales. Maya Key presentó el promedio más bajo ( $37.1 \pm 1.4$  °C), mientras que Daniel Johnson y Mayan Jungle mostraron valores similares y ligeramente más altos ( $39.9 \pm 0.8$  °C y  $39.1 \pm 0.8$  °C, respectivamente). Esta variación responde principalmente a la ubicación geográfica y a las condiciones microclimáticas durante la anestesia, más que al tipo de fármaco utilizado.

Respecto al lapso preanalítico, el intervalo más corto se observó en Daniel Johnson's Monkey & Sloth ( $278.6 \pm 106.1$  min), seguido de Maya Key ( $293.1 \pm 103.2$  min), mientras que el más prolongado correspondió a Mayan Jungle ( $1276.4 \pm 181$  min). Estas diferencias reflejan factores logísticos como distancia de transporte, disponibilidad de equipo y tiempos de procesamiento en cada centro.

El análisis de correlación mostró que los parámetros hematológicos no presentaron relación significativa con el tiempo transcurrido entre la toma y el análisis de las muestras, lo que indica una adecuada preservación celular bajo las condiciones de almacenamiento aplicadas. Sin embargo, en la bioquímica sanguínea, el nitrógeno ureico (BUN) mostró una correlación positiva con el lapso preanalítico, mientras que la glucosa presentó una correlación negativa, lo que sugiere que los intervalos más prolongados favorecen el aumento progresivo de los metabolitos nitrogenados y el consumo gradual de glucosa residual por las células sanguíneas. Este comportamiento fue más evidente en Mayan Jungle, donde los tiempos de traslado fueron mayores.

En conjunto, los resultados indican que las variaciones fisiológicas observadas responden principalmente a la acción farmacológica de los protocolos anestésicos y las variaciones preanalíticas a factores logísticos asociados al manejo de las muestras. El protocolo ketamina-dexmedetomidina mostró un patrón fisiológico de disminución cardíaca pero no grave, mientras que tiletamina-zolazepam se observó una respuesta cardiorrespiratoria más activa, aunque dentro de límites fisiológicos, debido a que este protocolo no deprime los sistemas cardiorrespiratorios de manera severa. Las diferencias en los tiempos preanalíticos, por su parte, no afectaron significativamente la estabilidad hematológica, pero sí influyeron en algunos parámetros bioquímicos sensibles al tiempo de procesamiento.

## IX. CONCLUSIONES

- La comparación entre centros mostró diferencias significativas únicamente en glóbulos blancos (WBC) y eosinófilos (EOS) (WBC:  $p = 0.000015$ ; EOS:  $p = 0.002895$ ). Los centros Daniel Johnson y Mayan Jungle presentaron WBC más elevados que Maya Key, mientras que Maya Key registró porcentajes significativamente mayores de EOS. El resto de los parámetros hematológicos y bioquímicos no mostró diferencias significativas entre centros ( $p > 0.05$ ).
- En la comparación por sexo, solo la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.006349$ ), con valores más altos en hembras. Ningún otro parámetro hematológico o bioquímico mostró variación significativa entre machos y hembras ( $p > 0.05$ ).
- En la comparación por edad, se encontraron diferencias significativas en eritrocitos (RBC;  $p = 0.022785$ ), con valores mayores en adultos, y en fosfatasa alcalina (ALP;  $p = 0.002827$ ), con valores más altos en juveniles. No se identificaron diferencias significativas en el resto de parámetros hematológicos ni en los bioquímicos ( $p > 0.05$ ).
- En la evaluación de protocolos anestésicos, se hallaron diferencias significativas en glóbulos blancos (WBC;  $p = 0.004879$ ), fosfatasa alcalina (ALP;  $p = 0.014019$ ) y proteínas totales (TP;  $p = 0.000189$ ), siendo mayores los valores bajo tiletamina–zolazepam. El resto de parámetros no mostró diferencias significativas entre protocolos ( $p > 0.05$ ).
- Respecto al tiempo preanalítico, se identificó una correlación positiva significativa entre el intervalo de procesamiento y el BUN ( $r_s = 0.42166$ ;  $p = 0.0203$ ), así como una correlación negativa significativa con la glucosa ( $r_s = -0.65234$ ;  $p = 0.00009$ ), evidenciando que el retraso en el análisis modifica de forma directa estos parámetros metabólicos.

## X. RECOMENDACIONES

- Estandarizar los protocolos de contención física y química, priorizando sedaciones de bajo estrés. El personal debe estar entrenado en etología y bioseguridad, evitando manipulación prolongada o ruidosa. Se recomienda evaluar el estado de salud y comportamiento antes de cada procedimiento para reducir riesgos y respuestas adrenérgicas.
- Las muestras deben obtenerse en ayuno controlado, utilizando los mismos tipos de tubos y cantidades de sangre por individuo. Es esencial procesar antes de 4 horas, manteniendo la cadena de frío (2-8 °C) y registrando hora de toma y análisis. Se aconseja llevar una bitácora preanalítica para controlar temperatura, tiempo y observaciones que aseguren la confiabilidad de los resultados.
- Fortalecer la vigilancia sanitaria, con exámenes coproparasitológicos regulares, limpieza de recintos y dietas balanceadas y registradas. Implementar enriquecimiento ambiental continuo (forrajeo, estructuras de escalada, interacción controlada) para reducir estrés fisiológico. El personal debe recibir capacitación periódica en bienestar y primeros auxilios veterinarios.
- Crear un protocolo interinstitucional unificado de muestreo que contemple anestesia, ayuno, hora de toma y transporte, acompañado de una base de datos digital por individuo con historial clínico, edad y resultados previos. Se recomienda incorporar biomarcadores de estrés (como cortisol) y fortalecer la cooperación técnica entre centros para garantizar un monitoreo sanitario continuo y comparable en las poblaciones de *Cebus imitator* bajo manejo *ex situ*.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, JWL; Silva, J de SE; Rylands, AB. 2012. How Different Are Robust and Gracile Capuchin Monkeys? (en línea). American Journal of Primatology 74(4):273-286. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajp.22007>.
- Alfonso Zabala, IP. (2024). Filogeografía Mitocondrial del Mono Capuchino (*Cebus Capucinus*; Cebidae; Primates) en Colombia (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/ee327bfd-d785-48b0-9a9c-ee66fad18635/content>.
- Arauz, MS; Scodellaro, CF; Pintos, ME. (2020). Atlas de Hematología Veterinaria Técnicas e Interpretación del Hemograma (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/1517>.
- Baldini Ribeiro, CL; de Melo-Reis, PR; Lemes, SR; Alves de Araújo, L; da Silva Júnior, NJ. 2015. Análise hematológica de macacos-prego (*Sapajus libidinosus* Spix, 1923) e bugios (*Alouatta caraya* Humboldt, 1812) de vida livre no sul do estado de Tocantins, Brasil (en línea). Disponible en <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114804/62090>.
- Batista Arruda, LF; Liberato Evangelista, I. 2012. Determinação de Eritrograma de Macacos-Prego (*Cebus Spp*) Pelo Método de Contagem Manual (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://www.academia.edu/89831600/DETERMINAÇÃO\\_DE\\_ERITROGRAMA\\_DE\\_MACACOS\\_PREGO\\_Cebus\\_spp\\_PELO\\_MÉTODO\\_DE\\_CONTAGEM\\_MANUAL](https://www.academia.edu/89831600/DETERMINAÇÃO_DE_ERITROGRAMA_DE_MACACOS_PREGO_Cebus_spp_PELO_MÉTODO_DE_CONTAGEM_MANUAL).
- Bernal Valle, S; Jiménez Soto, M; Meneses Guevara, A. 2020. Hematology and serum biochemistry values of healthy free-ranging panamanian white-faced capuchins (*Cebus imitator*) in Costa Rica (en línea). s.l., Wildlife Disease Association, Inc., vol.56. p. 229-233 DOI: <https://doi.org/10.7589/2018-07-179>.

- Bissram, J. (2011). Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago - White-fronted Capuchin (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/Cebus\\_albifrons%20-%20White-fronted%20Capuchin.pdf](https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/Cebus_albifrons%20-%20White-fronted%20Capuchin.pdf).
- Boubli, JP; Rylands, AB; Farias, IP; Alfaro, ME; Alfaro, JL. 2012. Phylogenetic Relationships: A Preliminary Reassessment of the Diversity of the Untufted Capuchin Monkeys (en línea). *American Journal of Primatology* 74(4):381-393. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajp.21998>.
- Cardoso, D de L; Costa, S de M; Muniz, JAPC; De Castro, PHG; Da Costa, JB; Dias, HLT. 2021. Avaliação do perfil hematológico e bioquímico de macacos de cheiro (*Saimiri collinsi*) cativos no Centro Nacional de Primatas no Estado do Pará / Evaluation of the hematological and biochemical profile of captive scent monkeys (*Saimiri collinsi*) at the National Primate Center in the State of Pará (en línea). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(2):2764-2776. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-097>.
- Cardoso Ramalho, A. (2014). Avaliação da Sanidade de Macacos-Prego- Galego (*Sapajus Flavius*) Mantidos em Cativeiro no Estado da Paraíba. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15337>.
- Carpenter, JW; Harms, CA. 2022. *Carpenter's Exotic Animal Formulary, Sixth Edition*. s.l., s.e.
- Chaves Ramírez, A; Nuñez Vega, G; Arguedas Porras, R; Bonilla Vargas, J; Silva de la Fuente, S; Arias Echandi, M; Gutiérrez Espeleta, G. 2022. Hematological reference values for *Alouatta palliata* (Primates: Atelidae) and *Cebus imitator* (Primates: Cebidae) from the Pacific Coast of Costa Rica (en línea). *Revista de Biología Tropical* 70(1):495-503. DOI: <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.48062>.
- CITES. 2025. Checklist of CITES Species (en línea, sitio web). Disponible en [https://checklist.cites.org/#/en/search/cites\\_region\\_ids%5B%5D=2&output\\_layout=alphabetical&level\\_of\\_listing=0&show\\_synonyms=1&show\\_author=1&show\\_english=1&show\\_spanish=1&show\\_french=1&scientific\\_name=Cebus&page=1&per\\_page=20](https://checklist.cites.org/#/en/search/cites_region_ids%5B%5D=2&output_layout=alphabetical&level_of_listing=0&show_synonyms=1&show_author=1&show_english=1&show_spanish=1&show_french=1&scientific_name=Cebus&page=1&per_page=20).

- Cortés Vera, M; Castañeda Herrera, FE; Vélez García, JF. 2020. Estudio hematológico en monos cariblanos (*Cebus albifrons*) en condiciones de cautiverio en Colombia (en línea). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 31(2). DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17849>.
- Crofoot, MC; Norton, TM; Lessnau, RG; Viner, TC; Chen, TC; Mazzaro, LM; Yabsley, MJ. 2009. Field anesthesia and health assessment of free-ranging *Cebus capucinus* in Panama (en línea). *International Journal of Primatology* 30(1):125-141. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10764-009-9333-6>.
- Cruvinel Lima, DB; Mesquita Dos Santos, KM; Melo De Almeida, H; Bona Nascimento, C; Conde Júnior, AM; Dos Santos Rizzo, M. 2014. Avaliação do perfil hematológico, bioquímico e esfregaço de sangue periférico com vistas ao perfil sanitário em primatas do gênero *Cebus* mantidos em cativeiro (en línea). *Semina: Ciências Agrárias* 35(4):1847-1853. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p1847>.
- Dueñas Mantilla, HC. (2015). Perfil bioquímico sanguíneo renal del machín negro (*Cebus apella*) mantenidos en cautiverio en el zoológico “Parque de las Leyendas de Lima” (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/323342727.pdf>.
- Favareto, AD; Machado Costa, M; Grumann, MR; Costa da Motta, A; Silva Filho, JR; da Silva, Z; Naila Cristina; da Silva Nune, NJ; de Faria Valle, S. 2016. Perfil hematológico e bioquímico de macacos-prego (*Cebus spp.*) mantidos em cativeiro\* (en línea). Disponible en <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/196306/001054991.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Fernandes Ferreira, A; Queiroga, FL; Aparecido Mota, R; Willcox Rêgo, E; Machado Mota, S; Guedes Teixeira, M; Colaço, A. 2018. Hematological profile of captive bearded capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*) from northeastern Brazil (en línea). *Ciencia Rural* 48(10). DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180065>.

- Flaiban, KKMD; Spohr, KAH; Malanski, LDS; Svoboda, WK; Shiozawa, MM; Hilst, CLS; Aguiar, LM; Ludwig, G; Passos, FC; Navarro, IT; Balarin, MRS; Lisbôa, JAN. 2008. Hematologic values of free-ranging Cebus cay and Cebus nigrinus in Southern Brazil (en línea). International Journal of Primatology 29(5):1375-1382. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10764-008-9290-5>.
- Honeysett, J. (2006). Husbandry Manual for Brown Capuchin/Black-capped Capuchin Cebus apella (Cebidae) (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://aszk.org.au/wp-content/uploads/2020/05/Mammals.-Black-capped-Capuchin-2006JH.pdf>.
- Huamán Bautista, R. (2015). Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea de primates en cautiverio, en el parque zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/070fb530-75d8-4586-99f1-a18d03e613a4/content>.
- Jaramillo Gallego, S; Pérez Roldan, A. (2007). Parámetros Hematológicos y Química Sanguínea en Primates de las Familias Atelidae y Cebidae del Centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre (Cav) y Zoológico Santa Fe (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repository.ces.edu.co/server/api/core/bitstreams/9b459b5d-e916-4b6e-a8b8-9b1a651b5b30/content>.
- Kreeger, TJ. 2018. Handbook of wildlife chemical immobilization. s.l., Wildlife Pharmaceuticals, Inc. 342 p.
- Littlefield, K. (2008). Husbandry Guidelines for White Fronted Capuchin Monkey Mammalia: Primates: Cebidae Cebus albifrons (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://aszk.org.au/wp-content/uploads/2020/05/Mammals.-White-fronted-Capuchin-Monkey-2009KL.pdf>.
- Mejía Ordoñez, TM; House R, PR. (2008). Especies de Preocupación Especial en Honduras (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/28561873/documents/HN1000\\_lit200513.pdf](https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/28561873/documents/HN1000_lit200513.pdf).

- Naves, E de A; Ferreira, FA; Vicente Mundium, A; Carvalho Guimaraes, E. (2006). Valores Hematológicos de Macaco Prego (*Cebus Apella*-Linnaeus, 1758) em Cativeiro (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6725/4436>.
- Ospina, PA; Li, O; Tribeño, D; Cahua, J. (2009). Valores Hematológicos del Machín Negro (*Cebus Apella*) Mantenido en Cautiverio (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v20n1/a08v20n1.pdf>.
- Thrall, MA; Weiser, G; Allison, RW; Campbell, TW. 2012. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry Second Edition (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-645327-08f2daae8a.pdf>.
- Williams Guillén, K; Rosales Meda, M; Méndez Carvajal, PG; Solano-Rojas, D; Urbani, B; Lynch Alfaro, JW. 2020. Panamanian White-throated Capuchin: *Cebus imitator* DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T81265980A191708420.en>.

## **XII. ANEXOS**

## Anexo 1. Formato de toma de muestra en Monos Carablanca (*Cebus imitator*).

### FORMATO TOMA DE MUESTRA EN *Cebus imitator*

#### I. Datos Generales del Animal

|               |                                                                                                      |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No.           |                                                                                                      |
| Alias/Nombre: |                                                                                                      |
| Especie:      |                                                                                                      |
| Sexo:         | <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> H                                                |
| Edad:         | <input type="checkbox"/> Juvenil <input type="checkbox"/> Adulto <input type="checkbox"/> Geriátrico |
| Peso (kg):    |                                                                                                      |

Estado reproductivo: ☐ Intacto ☐ Castrado/Esterilizado

Condición corporal: ☐ Obeso ☐ Bueno ☐ Regular ☐ Delgado

#### II. Condiciones Previas

Estado de salud: ☐ Normal ☐ Alterado (especificar: \_\_\_\_\_)

Actividad: ☐ Calmo ☐ Activo ☐ Agitado

Condiciones de alojamiento: ☐ Jaula pequeña ☐ Jaula grande ☐ Área abierta

#### III. Datos de Inmovilización / Anestesia

| Fármaco | Dosis (mg/kg) | Cantidad (mL) | Vía | Hora aplicación | Efecto inicial | Observaciones |
|---------|---------------|---------------|-----|-----------------|----------------|---------------|
|         |               |               |     |                 |                |               |
|         |               |               |     |                 |                |               |
|         |               |               |     |                 |                |               |
|         |               |               |     |                 |                |               |

Tiempo de inducción: \_\_\_\_\_ min

Tiempo de recuperación: \_\_\_\_\_ min

Recuperación: ☐ Normal ☐ Prolongada ☐ Tormentosa

Complicaciones: ☐ Ninguna ☐ Menor ☐ Moderada ☐ Grave

#### IV. Monitoreo Signos Vitales

| T°: | FC: | FR: |
|-----|-----|-----|
|     |     |     |
|     |     |     |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

## V. Datos de la Muestra

**Tipo de muestra:** ☐ Sangre ☐ Suero ☐ Plasma ☐ Heces ☐ Otro \_\_\_\_\_

**Sitio anatómico de extracción:** ☐ Vena femoral ☐ Vena braquial ☐ Otra \_\_\_\_\_

**Tipo de tubo usado:** ☐ EDTA ☐ Heparina ☐ Seco (sin anticoagulante) ☐ Otro \_\_\_\_\_

Volumen obtenido: \_\_\_\_\_ mL

Hora de toma: \_\_\_\_\_

Tiempo hasta el procesamiento: \_\_\_\_\_ min

## VI. Almacenamiento y Transporte

Almacenamiento inmediato: ☐ Refrigerado ☐ Congelado ☐ Temperatura ambiente

Transporte: ☐ Nevera portátil con gel pack ☐ Termo ☐ Otro \_\_\_\_\_

Tiempo hasta el laboratorio: \_\_\_\_\_

## VII. Observaciones adicionales

---



---



---

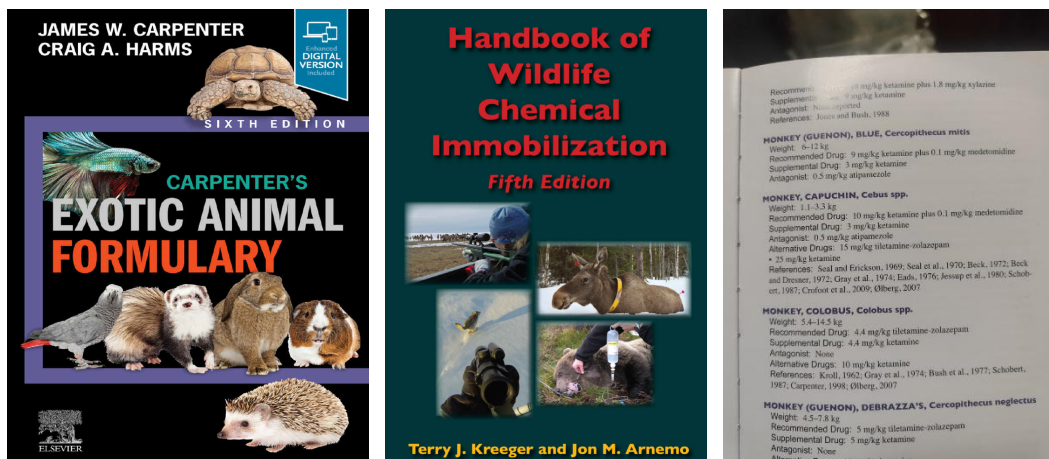
**Anexo 2.** Imágenes del desarrollo de la investigación en monos carablanca (*Cebus imitator*).



**Imágen 1.** Preparación de equipo para realizar contención química con dardos.



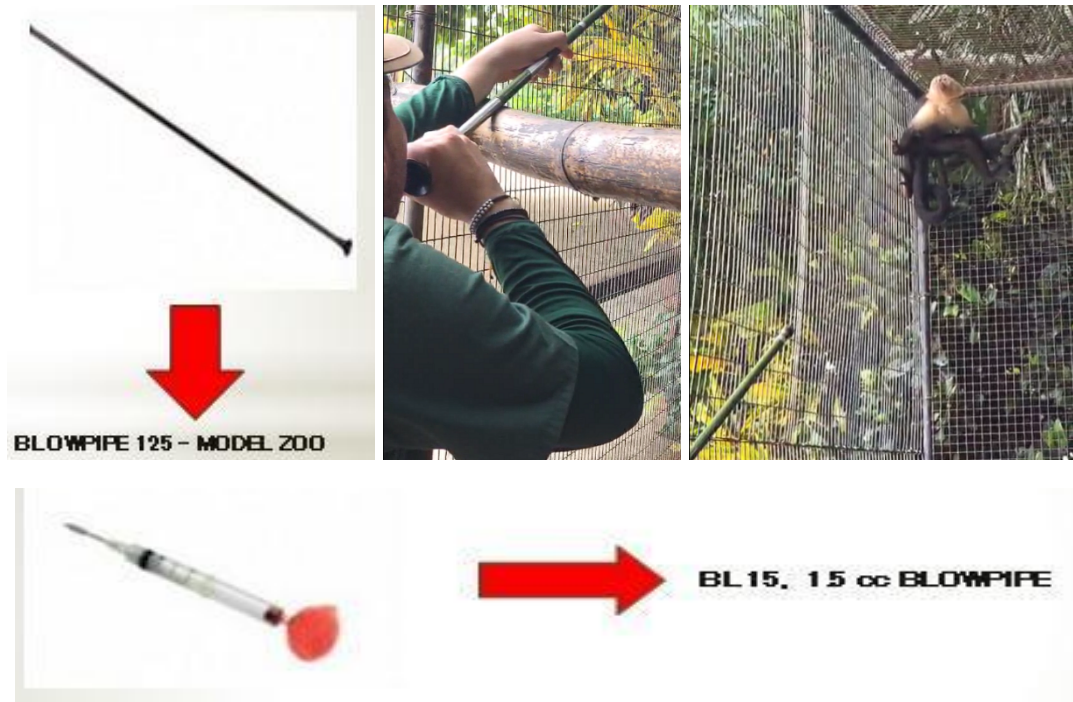
**Imagen 2.** Preparación de jeringas con dosis de Ketamina+Dexmedetomidina y antagonista atipemazol con dosis de acuerdo al cálculo aproximado de peso.



**Imágen 3.** Guías de contención química utilizadas para calcular la dosis de anestésicos en monos carablanca (*Cebus imitator*).



**Imágen 4.** Movilización a recintos para proceder a la sedación y armado de dardos para utilizar en cerbatana.



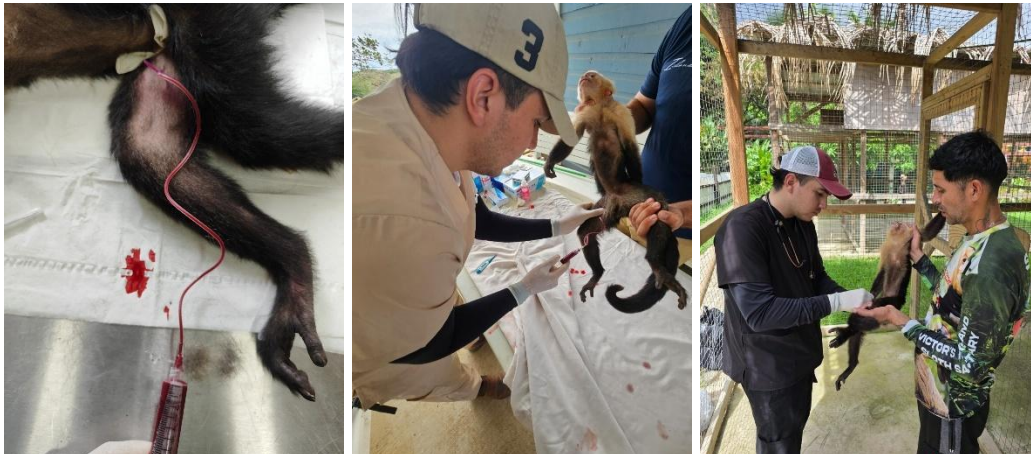
**Imágen 5.** Utilización de cerbatana (blowpipe) a una distancia prudente para realizar la contención química de los individuos.



**Imágen 6.** Tiempo de espera de reacción del anestésico en el organismo y captura para evitar lesiones por caída.



**Imágen 7.** Contención física mediante red y jaula de presión paara posteriormente realizar contención química en los individuos.



**Imágen 8.** Toma de muestra en los diferentes centros de manejo de vida silvestre *ex situ* (Maya Key, Daniel Johnson's Monkey and Sloth y Mayan Jungle)



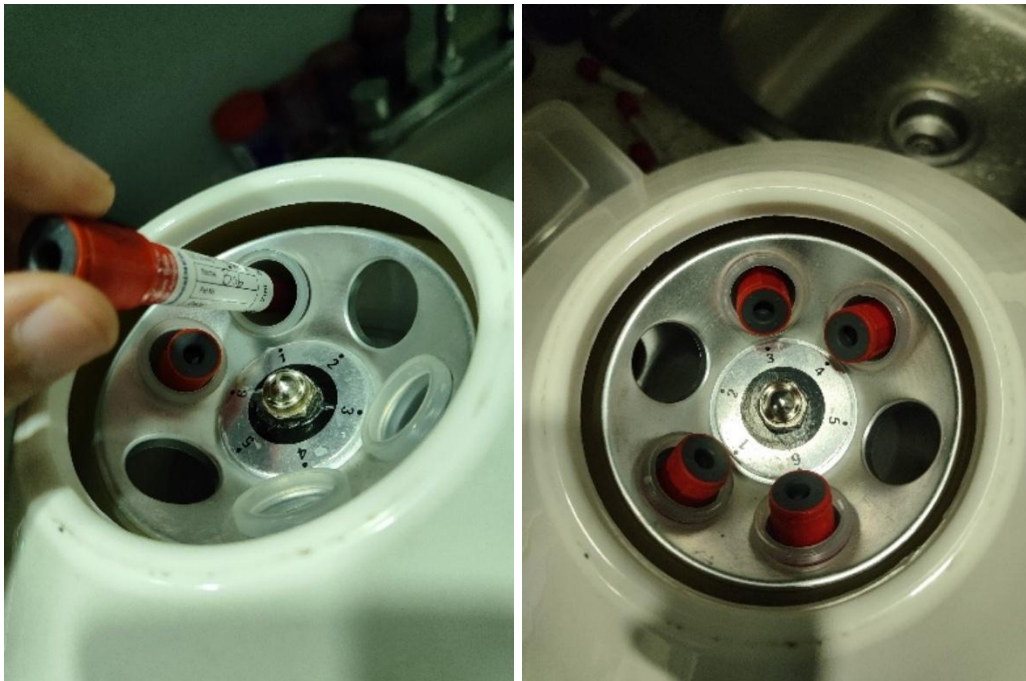
**Imágen 9.** Registro de datos en el formato correspondiente al estudio y en el formato correspondiente a cada centro.



**Imágen 10.** Toma de parámetros fisiológicos.



**Imágen 11.** Monitorización de recuperación post - anestesia de los individuos intervenidos para toma de muestra.



**Imágen 12.** Centrifugado de muestras para la separación del suero. 1500rpm por 10mins.



**Imágen 13.** Procesamiento de muestra sangre entera en microtubos EDTA para hemograma y procesamiento de suero sanguíneo para perfil bioquímico.



**Imágen 14.** Máquinas analizadoras automáticas utilizadas: ProCyt One y Catalyst One.