

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Descripción morfológica del sistema esquelético del murciélago
hematófago *Desmodus rotundus***

TESIS

Que presenta

Axel Héctor Olivares Solano

Para obtener el título de

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Dirección: M. en C. María Guadalupe Ramírez Muñoz

Co-Dirección: Dr. Juan Ocampo López

Cuerpo Académico de Biotecnología Veterinaria

2026



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Academic Area of Veterinary Medicine and Zootechnics

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 13 de febrero de 2026

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a el pasante de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, **Axel Héctor Olivares Solano**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado "**Descripción morfológica del sistema esquelético del murciélago hematófago *Desmodus rotundus***", que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Juan Ocampo López
SECRETARIO	Dr. Armando Zepeda Bastida
VOCAL 1	M. en C. María Guadalupe Ramírez Muñoz
SUPLENTE 1	Dr. Rodrigo Salomón Hernández Aco

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora de la Licenciatura en
Medicina Veterinaria y Zootecnia

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Hualtengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775.

Teléfono: 7717172000 ext 42100
medicinaveterinaria@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Quisiera comenzar expresando mis más sinceros agradecimientos a mi directora de tesis, la M. en C. María Guadalupe Ramírez Muñoz, por su constante dedicación, paciencia y acompañamiento desde el inicio de este trabajo. Su guía no solo permitió la culminación exitosa de esta investigación, sino que también me brindó motivación y confianza en los momentos de duda. Su apoyo y confianza en mis capacidades fueron fundamentales para enfrentar y superar cada uno de los desafíos presentados a lo largo de este proceso.

De igual manera, agradezco a mi codirector de tesis, el Dr. Juan Ocampo López, por sus valiosas sugerencias y consejos, los cuales contribuyeron significativamente al enriquecimiento y fortalecimiento del presente trabajo.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todo el cuerpo académico de Biotecnología Veterinaria, quienes desempeñaron un papel importante al brindarme observaciones y recomendaciones que favorecieron el desarrollo académico y científico de esta investigación.

Dedicatoria

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a mi madre, **Águeda Ogilvia**, quien ha sido mi mayor apoyo y fortaleza a lo largo de este camino. Gracias por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos de mayor dificultad y por impulsarme constantemente a alcanzar esta meta.

A mi hermana Itzel y a mis sobrinos, quienes me acompañaron durante todo este proceso, brindándome ánimo, comprensión y momentos de alegría que hicieron más llevadero cada desafío. Su presencia y apoyo fueron esenciales para mantener la motivación y el equilibrio emocional a lo largo de esta etapa.

De igual manera, dedico este trabajo a toda mi familia, quienes han sido un pilar muy importante en mi vida, ofreciéndome respaldo, consejos y palabras de aliento que contribuyeron a mi crecimiento y desarrollo.

Asimismo, quiero agradecer y dedicar esta tesis a los amigos que, con el paso del tiempo, se convirtieron en familia, especialmente aquellos que estuvieron a mi lado cuando me encontré lejos de casa. Su amistad, compañía y apoyo incondicional marcaron de manera significativa este proceso.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que están y estuvieron presentes en mi vida, dejando una huella importante en mi formación, ya sea con una palabra de aliento, una enseñanza o un gesto de apoyo. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Índice

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria.....	4
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	7
Introducción.....	8
Marco teórico.....	9
Generalidades de <i>Desmodus rotundus</i>	9
Alimentación.....	11
Comportamiento y reproducción.....	12
Sistema esquelético.....	13
Estatus Ecológico e Importancia de su conservación.....	19
Métodos de control.....	19
Importancia en la Salud Pública.....	21
Impacto Económico.....	24
Justificación.....	25
Hipótesis.....	25
Objetivos.....	25
Objetivo General.....	25
Objetivos específicos.....	26
Materiales y Métodos.....	26
Obtención de muestras biológicas.....	26
Procesamiento de las muestras mediante osteotecnia.....	27
Proceso de registro morfométrico, esqueletorrafia y representación osteológica del esqueleto.....	32
Resultados.....	33
Medición y descripción del sistema esquelético de <i>Desmodus rotundus</i>	33
Esqueleto axial.....	34
Esqueleto apendicular.....	51
Miembro pelviano.....	61
Discusión.....	69
Conclusiones.....	72
Referencias.....	73

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplar de <i>Desmodus rotundus</i>	9
Figura 2. Distribución actual para <i>Desmodus rotundus</i> en América Latina.....	10
Figura 3. Ejemplar de <i>Desmodus rotundus</i> alimentándose de un ave	11
Figura 4. Mapa actual de casos de rabia paralítica bovina en el territorio mexicano.....	22
Figura 5. Mapa de los casos de Rabia Paralítica Bovina (RPB) registrados por SENASICA en el periodo de 1997-2020	23
Figura 6. Sujeto de estudio <i>Desmodus rotundus</i>	26
Figura 7. Proceso observación y disección de piel con ayuda de tijeras mayo.	27
Figura 8. Resultado de la disección y desarticulación del ejemplar.	29
Figura 9. Etapa de cocción en una solución compuesta por agua e hidróxido de amonio (NH ₄ OH) dentro de un recipiente metálico.....	29
Figura 10. Hueso después de la primera cocción y el segundo proceso de descarnar.....	30
Figura 11. Proceso de blanqueamiento dentro de la solución con peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂).....	31
Figura 12. Resultado final del proceso de osteotecnia	31
Figura 13. Cráneo vista lateral	42
Figura 14. Cráneo vista ventral.....	42
Figura 15. Cráneo vista dorsal	43
Figura 16. Vértebras	46
Figura 17. Esternón.....	48
Figura 18. Pelvis vista ventral	50
Figura 19. Pelvis vista dorsal	50
Figura 20. Clavícula	52
Figura 21. Escápula	53
Figura 22. Húmero vista lateral.....	55
Figura 23. Húmero vista medial	55
Figura 24. Radio	58
Figura 25. Esquema de los huesos del carpo	59
Figura 26. Huesos de los huesos del carpo	60
Figura 27. Fémur.....	62
Figura 28. Tibia	63
Figura 29. Huesos del tarso	65
Figura 30. Falanges	66
Figura 31. Esqueleto completo de <i>Desmodus rotundus</i> en una vista ventral	68

Figura 32. Esqueleto completo de <i>Desmodus rotundus</i> en una vista dorsal	68
Figura 33. Esquema representando el esqueleto de <i>Desmodus rotundus</i>	69

Índice de tablas

Tabla 1. Medidas del cráneo del espécimen 1 y 2.	43
Tabla 2. Medidas de la columna vertebral del esqueleto 1 y 2.	46
Tabla 3. Medidas de las costillas	47
Tabla 4. Medidas del esternón.	49
Tabla 5. Medidas de la pelvis.	51
Tabla 6. Medidas de la clavícula.	52
Tabla 7. Medidas de la escápula.	54
Tabla 8. Medidas de húmero.	56
Tabla 9. Medidas del Radio.	56
Tabla 10. Medidas de la Ulna.	57
Tabla 11. Medidas de los metacarpos	59
Tabla 12. Tabla de medidas de los huesos del ala del primer espécimen	61
Tabla 13. Medidas de fémur.	62
Tabla 14. Medidas de la Tibia y Fíbula.....	64
Tabla 15. Medidas de los Metatarsos.....	65
Tabla 16. Medidas de las Falanges.....	67

Introducción

México se distingue por su elevada diversidad de mamíferos, la cual se encuentra estrechamente relacionada con diversos factores biogeográficos y ambientales. Entre estos destacan su ubicación geográfica, relieve, complejidad topográfica, variedad de climas y vegetación. En conjunto, estos elementos favorecen la generación de múltiples hábitats y nichos ecológicos (Sil-Berra *et al*, 2022).

Dentro del grupo de mamíferos, los murciélagos (orden *Chiroptera*), se reconocen como uno de los grupos taxonómicos con mayor diversidad. Este orden representa aproximadamente el 20 % de toda la diversidad del planeta y se posiciona como el segundo orden más diverso, con más de 1,400 especies en 18 familias (Rivera-Villanueva *et al*, 2023).

Los murciélagos poseen una distribución de carácter cosmopolita, con algunas excepciones, como la Antártida y zonas polares. Este grupo de mamíferos voladores se distingue por su amplia variedad de hábitos alimenticios, ya que comprende especies con dietas carnívoras, piscívoras, insectívoras, omnívoras, frugívoras, nectarívoras y hematófagas (Romero-Almaraz *et al.*, 2006). Contrario a lo que muchas personas piensan, los murciélagos no carecen de visión; sin embargo, su principal mecanismo para la orientación y localización de alimento es la ecolocalización. Este es un sistema de emisión de ondas de ultrasonido que, al impactar con cualquier objeto, retorna en forma de eco, permitiendo al individuo interpretar la distancia, tamaño y ubicación de los mismos. Dicho sistema se encuentra particularmente desarrollado en las especies insectívoras, en las cuales constituye una adaptación fundamental para la captura eficiente de presas durante el vuelo (Sélem-Salas *et al*, 2022).

Estas características, junto con la capacidad de ser los únicos mamíferos capaces de volar, los convierten en animales muy adaptables. No obstante, dentro del territorio mexicano se reconocen especies cuya distribución es exclusiva del país (Sil-Berra *et al*, 2022). En México se han registrado aproximadamente 140 especies de murciélagos, agrupadas en ocho familias, de las cuales 18 son endémicas, lo que resalta la relevancia del país para la conservación de este orden (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Dentro de las especies registradas en México, tres son de hábitos hematófagos, es decir, su dieta se basa exclusivamente en el consumo de sangre. En este grupo encontramos al murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), el cual muestra la mayor distribución y prevalencia en el territorio nacional. Asimismo, se reconoce el murciélago vampiro de patas peludas (*Diphylla ecaudata*) y el murciélago de alas blancas (*Diaemus youngi*), especies con menor prevalencia y con hábitos alimenticios más especializados, ya que su dieta se compone principalmente de sangre de aves. No obstante, se ha documentado que *Diaemus youngi* puede alimentarse ocasionalmente de sangre de mamíferos (Romero-Almaraz *et al.*, 2006 y Sélem-Salas *et al.*, 2022).

Marco teórico

Generalidades de *Desmodus rotundus*

Conocido popularmente como vampiro común o vampiro de patas pelonas (**Fig. 1**), *Desmodus rotundus* presenta una longitud corporal de 75 a 93 mm de la cabeza a la cola; la longitud de antebrazo es de 52 a 65 mm., el peso corporal es muy variable debido a algunos factores, como la cantidad de sangre que puede ingerir y en las hembras si están o no gestantes y en su caso, del grado de desarrollo de sus crías. El peso promedio de los individuos adultos, inactivos y sin alimento llega a ser de 20 a 40 g (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).



Figura 1. Ejemplar de *Desmodus rotundus* (Alamy., 2016).

Cuando son jóvenes, el pelaje del dorso es gris pálido o gris negruzco; pero cuando son adultos, su coloración cambia, siendo este de color café oscuro, café claro o rojizo; el vientre es blanquecino; el pelo es corto, denso y suave; el rostro es corto y afilado, con hoja nasal rudimentaria; ojos grandes, orejas pequeñas y puntiagudas; el labio inferior presenta un forma de "V"; membrana interfemoral con pelo corto y escaso en el dorso; pulgar largo, con tres cojinetes; alas largas y anchas; sin cola; calcáneo corto; los huesos de las extremidades pelvianas son fuertes y bien adaptadas para ayudarle a desplazarse; caja craneal globosa; incisivos y caninos superiores grandes y con forma de navaja; con cuatro incisivos inferiores, pequeños y bilobados y un diastema en la parte media de la mandíbula (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Esta especie es endémica del Continente Americano (Rodríguez-Moreno *et al.*, 2025), teniendo una amplia distribución en toda América Central y del Sur. En territorio mexicano se encuentra desde los estados de Sonora, Nuevo León y Tamaulipas en el norte, hasta llegar a América del Sur en los países de Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay, hasta el norte de Argentina, a lo largo de la Costa del Océano Pacífico y norte de Chile y en la costa del Océano Atlántico, alcanzando el extremo sur de Brasil (**Fig. 2**) (Corrêa Scheffer *et al.*, 2022). Habita además las islas Margarita y Trinidad y Tobago (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

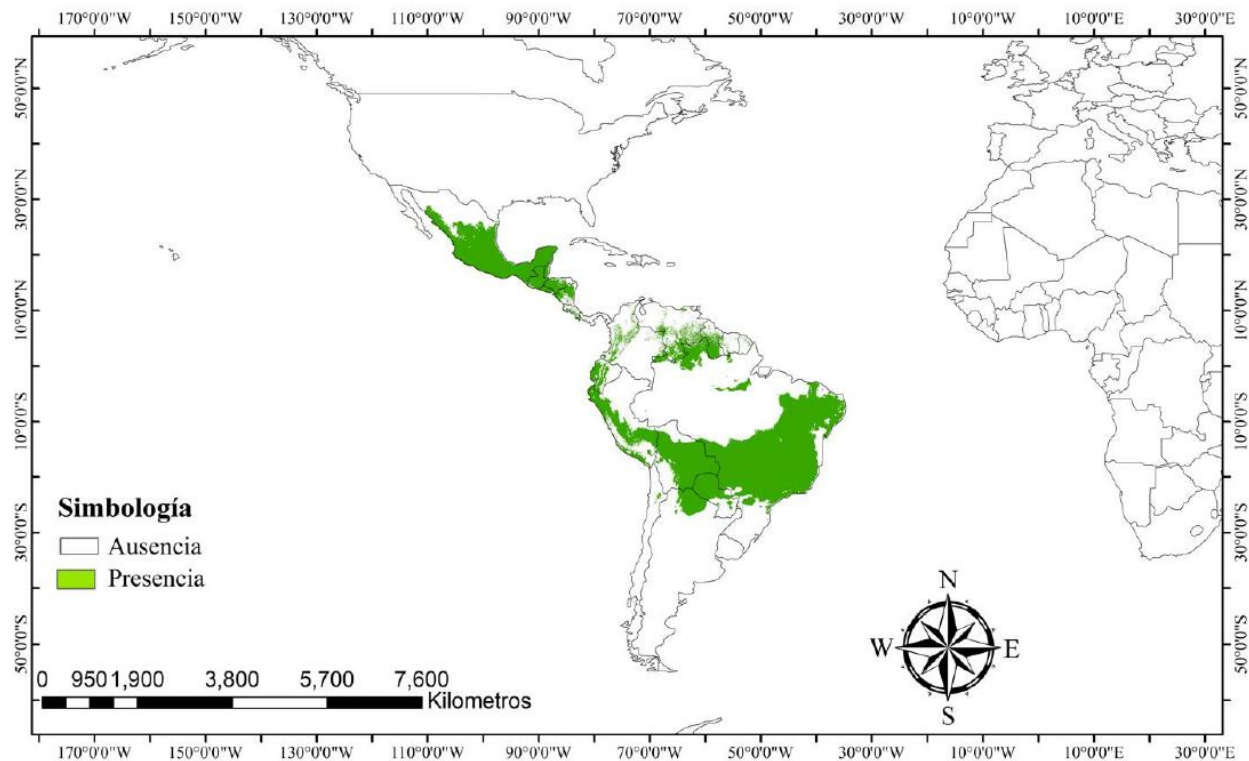


Figura 2. Distribución actual para *Desmodus rotundus* en América Latina (Olave Leyva, 2024).

Ocupa una gran variedad de refugios, tanto naturales como grutas, cuevas, fisuras de roca, oquedades de troncos y ramas de los árboles, así como refugios artificiales, como minas, canales de riego, alcantarillas, chimeneas, templos arqueológicos, casas abandonadas, sótanos, tejas, pozos y drenajes. Todos estos refugios deben aportar confort para el murciélago ya que en el caso de *Desmodus rotundus*, no tolera muy bien el clima muy frío, habitando en lugares con temperaturas promedio entre 10 y 35 °C, con pocas o sin corrientes de viento, y con una humedad relativa de 45% (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Alimentación

Los hábitos alimenticios de *Desmodus rotundus* llegan a ser muy variables en comparación con las otras dos especies de murciélagos hematófagos, ya que llega a alimentarse de sangre de una gran variedad mamíferos como bovinos, caballos, cabras, porcinos, aves, ovinos, perros, reptiles e inclusive humanos (**Fig. 3**). Este tipo de alimentación variada ha favorecido el aumento en las poblaciones de *Desmodus rotundus* en las áreas de ganadería (Corrêa Scheffer *et al.*, 2022).



Figura 3. Ejemplar de *Desmodus rotundus* alimentándose de un ave (Alamy, 2006).

Sus adaptaciones morfofisiológicas particulares le permiten localizar con más facilidad a sus presas potenciales. Tenemos, por ejemplo, el olfato, ya que este murciélago puede localizar las áreas de reposo del ganado por el olor del estiércol y posteriormente encontrar la presa orientándose de manera visual (Corrêa Scheffer *et al.*, 2022). Cuando los murciélagos

vampiros van a atacar a su presa, primero hacen un “vuelo de reconocimiento”, esto les permitirá elegir a su presa cuidadosamente. Cuando la han identificado, tienen dos maneras de acercarse a ella: aterrizando directamente sobre ella o sobre el suelo próximo a ella, para posteriormente caminar sobre sus pulgares y miembros pelvianos, manteniendo el cuerpo y cabeza levantadas. Una vez que el murciélago ha elegido el sitio donde morder (normalmente áreas muy vascularizadas), lo humedece con su saliva, la cual tiene una sustancia que actúa como analgésico, por lo que el dolor que sienten las presas al ser mordidas no es muy intenso. Luego de elegir el área, recarga la mandíbula inferior contra la piel de la presa, de modo que se forma un reborde pequeño y muerde con los incisivos superiores de manera rápida y limpia, realizando un corte en forma de “V”, para posteriormente lamer la sangre que sale de la herida. Este proceso de alimentación puede durar hasta 25 minutos; durante este tiempo el murciélago realiza ciertas pausas, para eliminar por medio de micciones el exceso de agua de la sangre y así poder seguir alimentándose (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Comportamiento y reproducción

La actividad nocturna para la búsqueda de animales depende mucho de las fases de la luna, ya que *D. rotundus* prefiere salir a buscar su alimento en completa oscuridad, en general salen de sus refugios después de las 21:00 horas, presentando un pico de actividad entre las 00:00 y 1:00 horas, alcanzando un total de 7 a 8 horas de actividad diaria durante el período nocturno (Corrêa Scheffer *et al.*, 2022).

Las colonias se componen comúnmente por adultos, juveniles y crías, dentro de la colonia la interacción es muy común llegando a acicalamientos individuales y sociales, durante las cuales se limpian y lamen entre ellos. También se ha observado el cuidado cooperativo de las crías, además de que es muy común la distribución de alimento entre los miembros de la colonia, principalmente entre madre y cría, sin embargo, si alguno de los miembros de la colonia no fue capaz de encontrar alimento, alguno de los demás lo puede alimentar, incluso sin que exista algún parentesco; al igual que otros animales que viven en grupos o colonias, dentro de las colonias de *Desmodus rotundus* existen jerarquías sociales bien definidas, donde un macho dominante protege a un grupo de hembras y sus crías (Corrêa Scheffer *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista reproductivo esta especie de murciélago es considerada como poliéstrica, sin un periodo estacional definido y llegando a reproducirse todo el año. Durante la cópula el macho se monta sobre la hembra, sujetándola firmemente con los antebrazos y pulgares ceñidos al cuerpo y contrae la cadera para realizar el coito, la duración de la cópula llega a durar desde unos segundos, hasta 2 minutos. El periodo de gestación tiene una duración de 5 a 7.5 meses (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Al momento del nacimiento las crías son de color rosa, con el cuerpo cubierto de pelo muy fino, los ojos abiertos, las orejas desplegadas y llegando a pesar de 6 a 8 g. Durante los primeros días de vida, la cría se adhiere a una glándula mamaria de la madre y permanece así 20 o 30 días. Cuando la madre sale a buscar alimento ésta la deja sobre la pared o el techo del refugio y realiza visitas periódicas para alimentarla, en este tiempo algunos miembros de la colonia pueden llegar a participar en el cuidado de la cría, pudiendo incluso alimentarla (Romero-Almaraz *et al.*, 2006). La etapa de lactancia puede llegar a durar de 9 a 10 meses, tiempo en el que la madre se encargará de enseñarle a su cría a buscar alimento (Scrocchi & Szumik, 2018).

A partir de los dos meses de vida, se inicia un proceso de transición alimenticia, pasando de leche a sangre, en el cual la madre regurgita sangre para completar la alimentación, haciendo que en el estómago de la cría haya una combinación de leche y sangre. Este proceso es fundamental ya que facilita la adaptación del sistema digestivo a la hematofagia, además de que provee a las crías de microbiota especializada que ayuda a metabolizar la sangre. Hacia los 4 meses de vida, la cría ya es capaz de acompañar a la madre durante los vuelos de reconocimiento y empezar a alimentarse por sí misma, y ya para los 9 -10 meses de edad es destetada (Scrocchi & Szumik, 2018).

Sistema esquelético

El estudio de la anatomía postcraneal en mamíferos lleva siendo estudiada por varios años, los cuales han proporcionado datos cruciales para los estudios taxonómicos, filogenéticos, evolutivos y morfofuncionales de las diferentes especies. En los murciélagos su esqueleto se encuentra dividido en esqueleto axial y esqueleto apendicular; dentro del esqueleto axial

encontramos el cráneo, los grupos vertebrales, las costillas, el esternón y la pelvis. En el esqueleto apendicular están todos los huesos que conforman los miembros torácicos y los miembros pélvicos (López-González, 2001).

Esqueleto Axial

Cráneo

El cráneo se encuentra conformado por el neurocráneo y viscerocráneo, el primero protege y envuelve el encéfalo, mientras que el segundo conforma los huesos faciales de la cara, que tiene como función primordial la protección del encéfalo y de los órganos sensoriales (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Columna vertebral

La columna vertebral, se divide anatómicamente por cinco segmentos, conformados por grupos específicos de vértebras: cervicales, torácicas, lumbares, sacras y caudales. Sin embargo, el murciélago *Desmodus rotundus* no presenta el grupo de vértebras caudales, dado que esta especie carece de cola, lo que constituye una particularidad morfológica dentro de su estructura axial. El número de vértebras que conforman a cada una de estas son 7 en cervicales, torácicas 12, 6 lumbares y solo se llegó a identificar 1 sacra ya que se encuentran fusionadas (Gaudioso, 2019).

Costillas

Encontramos un par por cada vértebra torácica, teniendo un total de 12 pares de costillas, 7 de ellas son verdaderas o esternales, 3 asternales y 2 flotantes. El primer par de costillas es pequeño y robusto, posterior a ellas los demás pares de costillas comienzan a ser más grandes. Hacia la región caudal, los pares segundo y tercero se caracterizan por ser notoriamente delgados y alargados, en contraste con los pares posteriores, que muestran una conformación transversalmente ancha, plana y de mayor longitud (Gaudioso, 2019 y López González *et al.*, 2001).

Esternón

El esternón es una estructura esquelética ventral que funciona como el principal punto de articulación de las costillas. Anatómicamente se divide en manubrio, cuerpo o mesoesternón y apófisis xifoides, lo que le confiere una forma general de “T” (López González *et al.*, 2001).

Pelvis

Este hueso se encuentra conformado por tres elementos fusionados: el ilion, que forma la porción dorsal anterior, el isquion, constituido por una rama dorsal y una ascendente que se une casi en ángulos rectos en la parte posterior del hueso, y el pubis, que consta de una rama anterior descendente y una ventral que se unen en ángulo recto (López-González, 2001).

ESQUELETO APENDICULAR

Miembros torácicos.

Clavícula

La clavícula es un hueso comprimido que se extiende a lo largo de la caja torácica en dirección dorsoventral. Presenta un extremo acromial que articula con la escápula y un extremo esternal que se une al manubrio del esternón (Gaudioso ,2019 y López González *et al.*, 2001).

Escápula

La escápula es un hueso grande y robusto que presenta una morfología triangular, con un ángulo caudal provisto de una prolongación cartilaginosa que incrementa la superficie disponible para la inserción muscular. En la superficie dorsal se distinguen una fosa supraespinosa de menor desarrollo y una fosa infraespinosa de mayor tamaño, subdividida en tres facetas: craneomedial, intermedia y caudolateral, con orientaciones específicas. Las uniones entre estas facetas pueden presentarse profundas, elevadas o incluso osificadas. El borde craneal es poco desarrollado y convexo, el borde ventral es recto y delgado, y el borde lateral es curvo y robusto, ensanchándose progresivamente desde el extremo caudal hacia el extremo craneal (Gaudioso *et al.*,2017 y Gaudioso ,2019).

Húmero

El húmero es el componente más robusto del esqueleto. Presenta una forma sigmoidea y la diáfisis sufre una ligera torsión, de modo que los extremos proximal y distal no están en el mismo plano. La cabeza se localiza en la epífisis proximal del hueso, presenta una morfología ovalada y su eje mayor se orienta en sentido dorso medial. La tuberosidad mayor constituye el punto más proximal del hueso, con una proyección craneal; su porción medial establece contacto con la faceta accesoria de la escápula. En la región posterior de esta estructura se observan dos pequeñas depresiones de diferente tamaño (López González *et al.*, 2001 y Gaudioso ,2019).

Radio

El radio es un hueso largo que se caracteriza por una morfología curva, con una diáfisis ligeramente aplanada y epífisis robusta, con su eje anteroposterior curvado. La superficie anterior de la epífisis proximal es de forma subtriangular. La epífisis proximal presenta la faceta húmero-radial, subdividida en tres superficies articulares diferenciadas: lateral, central de morfología cóncava y poco profunda y medial (Gaudioso, 2019).

Ulna

La ulna es un hueso delgado y frágil, que se separa con facilidad del radio y cuya longitud corresponde a poco menos de la mitad de la de este último. Presenta un desarrollo limitado; su epífisis proximal, particularmente el proceso olécranon, sobrepasa de manera mínima la porción posterior del vértice proximal del radio. El olécranon constituye un ensanchamiento de morfología paralelepípedica y presenta, en su superficie anterior, una faceta casi plana que articula con la porción posterior de la tróclea del húmero y con el proceso articular medial del radio. El extremo distal de la ulna se fusiona en la parte anterior del radio, más o menos a dos quintas partes de su longitud mayor (López González *et al.*, 2001 y Gaudioso *et al.*,2017).

Carpos

Los carpos son un grupo compuesto de ocho huesos cortos e irregulares, llamados individualmente carpo, de tamaños variables, que se articulan entre sí mediante ligamentos y se disponen en dos hileras (Gaudioso, 2019 y Gaudioso *et al.*,2017).

En la hilera proximal se observa el hueso intermedio [escafocentroulnar], que es el hueso más grande dentro de este grupo; el hueso pisiforme y el prepólex. En la hilera distal, se observaron

el hueso del carpo I [trapecio], el trapezoide, el magnum, el unciforme y el cuneiforme (Gaudioso *et al.*, 2020 y Gaudioso, 2019).

Metacarpos

El metacarpo está constituido por cinco metacarpales bien desarrollados; los cuatro últimos, junto con el radio, representan los huesos de mayor longitud del esqueleto. La longitud de estos elementos disminuye en el siguiente orden: III, IV, V, II y I, siendo el metacarpal I notablemente más corto y robusto, además de ser el único dispuesto en el eje anteroposterior. Su diáfisis es delgada y se ensancha casi al doble en su extremo proximal, donde forma una superficie articular plana y de contorno ovalado que establece contacto con el hueso trapecio y con un hueso sesamoideo. Los metacarpales restantes son considerablemente más largos y delgados, lo que contribuye a la conformación general del miembro anterior (López González *et al.*, 2001).

Falanges

La fórmula falangeal es 2-1-3-2-2. Con excepción del primer dedo, los restantes carecen de garras y presentan falanges de morfología cilíndrica y tamaño variable (López González *et al.*, 2001 y Gaudioso, 2019).

MIEMBRO PÉLVICO

Fémur

El fémur de *Desmodus rotundus* presenta una morfología recta y casi cilíndrica, con un ensanchamiento evidente en ambas epífisis. La epífisis proximal se desvía ligeramente en sentido lateral con respecto al eje longitudinal del hueso. En la diáfisis, particularmente en la región adyacente a la epífisis proximal, se observa una cresta medial bien definida y de base ancha. La epífisis proximal está conformada por una cabeza de morfología esférica y por los trocánteres (trocánter mayor y menor), de menor tamaño y ubicados distalmente con respecto a la cabeza. Ambos trocánteres son de dimensiones similares, presentan superficies redondeadas y divergen entre sí. En la epífisis distal, los cóndilos que articulan con la tibia son de tamaño semejante y muestran contornos suaves, lo que sugiere una superficie articular continua y bien definida (López González *et al.*, 2001 y Gaudioso, 2019).

Tibia y fíbula

La tibia es una estructura muy fina, poco más larga que el fémur y curvada ligeramente en sentido anteroposterior. La diáfisis es plana en la parte posterior y redondeada en la anterior. La epífisis proximal, encargada de la articulación con el fémur, se encuentra notablemente ensanchada en comparación con la diáfisis (Gaudioso, 2019 y Gaudioso *et al.*, 2017).

La fíbula es un hueso frágil y delgado, de aproximadamente dos terceras partes de la longitud de la tibia. Su epífisis proximal está marcadamente reducida y presenta una porción cartilaginosa, mientras que la epífisis distal es igualmente simple y reducida. La diáfisis es robusta y comprimida, contribuyendo de manera significativa al soporte estructural del miembro posterior (Gaudioso, 2019 y López González *et al.*, 2001).

Tarsos

El tarso está constituido por nueve huesos organizados en dos hileras. La hilera proximal incluye el calcáneo y el talus (astrágalo), los cuales articulan directamente con la tibia y la fíbula, además del calcar, el preallux y el hueso central del tarso (navicular), conformando en conjunto la región del talón. La hilera distal se ubica en la porción caudal y articula con los cinco metatarsos; está integrada por huesos simples y de morfología vagamente cúbica, dispuestos en una fila poco definida. En esta hilera se reconocen los huesos tarsales I a IV (cuneiformes medial, intermedio y lateral, y cuboide), siendo este último el de mayor tamaño y el que articula distalmente con el calcáneo (Gaudioso *et al.*, 2020 y Gaudioso, 2019).

Metatarsos

Todos los metatarsales presentan una morfología cilíndrica, con una curvatura en sentido dorsoventral y longitudes similares entre sí. La epífisis proximal se encuentra ensanchada; particularmente, los metatarsales II, III y IV muestran una mayor compresión proximal y se disponen en contacto entre sí a lo largo del primer tercio de su longitud. El metatarsal V presenta un mayor ancho en su porción proximal y, en su lado lateral, se prolonga en un tubérculo bien definido. El extremo distal de todos los metatarsales muestra un ligero ensanchamiento, caracterizado por la presencia de dos tubérculos ventrales separados por una depresión profunda (López-González, 2001).

Falanges

La fórmula falangeal de medial a lateral es 2-3-3-3-3, correspondiendo la última falange a la ungueal, cubierta por la garra. Las falanges proximales se encuentran ensanchadas en su porción proximal y presentan superficies articulares condíleas; al igual que los metatarsos, muestran una morfología cilíndrica y tamaños similares. Cada uno de los cinco dedos posee tres falanges proximal, medial y ungueal, siendo las falanges proximal y medial de forma cilíndrica (López-González, 2001).

Estatus Ecológico e Importancia de su conservación

Actualmente, *Desmodus rotundus* no está incluido en la lista de la NOM-059-ECOL-2001 (Protección Ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo), por lo que es considerada una especie de preocupación menor (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2001); sin embargo, la importancia de su conservación radica en la diversidad de las especies de murciélagos, ya que muchas de ellas son importantes polinizadores, controladores de plagas y diseminadores de semillas, funciones clave para la conservación de la biodiversidad. Además, estos organismos son importantes fuentes de investigaciones epidemiológicas para el desarrollo de nuevas vacunas y mecanismos de resistencia de enfermedades (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

A pesar de ello, el limitado conocimiento que se tiene de ellos ha llevado a la humanidad a la creación de mitos o leyendas en donde las catalogan como criaturas peligrosas, lo que favorece que las personas destruyan sus refugios. Paralelamente, las actividades de agricultura intensiva, ganadería y urbanización han generado una fuerte presión sobre sus hábitats, provocando su desplazamiento, lo que ha llevado a que algunas de ellas se encuentren en esta lista como especies en peligro de extinción (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

Métodos de control

Existen diversos métodos, tanto químicos como tradicionales, para el control de los murciélagos hematófagos *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*. Todos estos métodos se encuentran regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ZOO-2017 (Campaña Nacional

para la Prevención y Control de la Rabia en Bovinos y Especies Ganaderas). Debido a las características etiológicas y ecológicas de convivencia de estas especies, resulta de suma importancia aplicar estrategias de control precisas y éticamente responsables. En campañas previas de erradicación se promovía la destrucción de los lugares de refugio, dinamitándolos o empleando gases tóxicos, sin considerar que en esos sitios cohabitan especies no hematófagas de gran valor ecológico. Dichas prácticas no logran controlar eficazmente las poblaciones de vampiros y provocan daños colaterales significativos en otras especies de murciélagos benéficos (Romero-Almaraz *et al.*, 2006); otro método es el uso de warfarina, un anticoagulante sistémico aplicado en forma de pasta o ungüento; este método consiste en la instalación de mallas de niebla alrededor de los corrales, a una distancia aproximada de 1 a 1.50 m, en los sitios identificados como rutas de accesos de los murciélagos, las mallas son revisadas en intervalos de 30 min aproximadamente, para después identificar a los murciélagos (Álvarez Sillerico *et al.*, 2023).

Capturados, se les aplica un ungüento que tiene como componente principal warfarina (anticoagulante sistémico), un producto tóxico para los vampiros, dicha sustancia se coloca en el dorso y pechos de los individuos y posteriormente son liberados, con el fin de que regresen a su colonia y propaguen la sustancia mediante el comportamiento de acicalamiento y el intercambio de sangre entre individuos (Osorio-Rodríguez *et al.*, 2018); este mecanismo de diseminación asegura que la mayoría de los individuos de la colonia entren en contacto con el compuesto, provocando la muerte en un lapso aproximado de 3-4 días (Álvarez Sillerico *et al.*, 2023).

Se ha sugerido que este método no afecta a otras especies de murciélagos, dado que *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* no comparten los mismos sitios de percha con otras especies. Sin embargo, se ha llegado a mencionar que pueden llegar a afectar a otros animales silvestres que consumen accidentalmente los cadáveres de vampiros muertos.

En México, este método es considerado el más efectivo para el control poblacional de murciélagos hematófagos, con una reducción estimada del 95% de las poblaciones de vampiros después de una campaña. No obstante, presenta dos desventajas principales, la primera de ellas es el costo y la accesibilidad del material para realizar las capturas, ya que las redes de niebla tienen un valor aproximado de 2,000 pesos mexicanos por pieza y en

ocasiones se tienen que importar. La segunda de ellas es que las empresas sólo venden este material cuando se tienen un permiso de colecta autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT), lo cual reduce la posibilidad de que los ganaderos puedan realizar dicho control sin la ayuda de personas expertas (Álvarez Sillerico *et al.*, 2023).

Otra alternativa evaluada es la administración de warfarina por vía sistémica al ganado en riesgo y que el murciélago al alimentarse del bovino adquiriera el anticoagulante; sin embargo, esta técnica presenta limitaciones logísticas, como el desconocimiento por parte de los ganaderos sobre el manejo adecuado de la cadena fría y los altos costos asociados, por lo que actualmente no se aplica en México (Olave, 2024). Otro método de control es la iluminación artificial de los corrales, que disuade la aproximación de los murciélagos y la captura mediante mallas de niebla (Álvarez Sillerico *et al.*, 2023).

Importancia en la Salud Pública

Desmodus rotundus es una especie de importancia médica debido a su papel como reservorio de virus potencialmente zoonóticos y trascendencia epidemiológica. Esta especie ha sido asociada a diferentes agentes infecciosos, incluyendo los de la familia *Filoviridae* (Ebolavirus, Marburgvirus), diversos coronavirus (incluyendo el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo o SARS), el virus de la rabia y otros integrantes del género *Lyssavirus*, así como un linaje de Influenza A y varios tipos de la familia *Paramyxoviridae*, estas enfermedades emergentes tienen potencial para causar epidemias, resultado de la interacción entre murciélagos infectados, el agente infeccioso y el hospedador (Torres-Mejía, 2020).

Una de las enfermedades que más preocupa a la población hoy en día es la rabia, ya que representa una de las enfermedades zoonóticas de mayor impacto económico dentro de la ganadería y en la salud pública. Se trata de una enfermedad conocida por el hombre desde la antigüedad, ocasionado por el virus de la rabia, el cual tiene una morfología característica de “bala de revólver” y un genoma constituido por ARN (ácido ribonucleico), condición que le da la alta capacidad de mutación y adaptabilidad. El agente etiológico se clasifica dentro de la familia *Rhabdoviridae*, un grupo viral amplio y diverso, perteneciente al orden *Mononegavirales*

y es considerado el prototipo del género *Lyssavirus*, que incluyen a los virus responsables de la rabia (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

En lo que respecta a la rabia en bovinos y especies pecuarias (como equinos, ovinos, caprinos y porcinos), su comportamiento epidemiológico en el país se ha mantenido e incluso han mostrado incrementos considerables en determinados periodos. De acuerdo con los datos del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se registra un promedio anual de aproximadamente 300 casos confirmados de rabia parálitica bovina, manteniéndose activa en 26 estados del país (Rodríguez-Moreno, *et al.*, 2025).

Asimismo, se ha identificado patrones endémicos en estados como Veracruz, Tabasco, Nayarit, Puebla y Yucatán, los cuales históricamente concentran los mayores índices de detección de casos positivos a rabia, por lo que actualmente las autoridades sanitarias continúan implementando estrategias orientadas a su control y eventual erradicación, en apego a la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ZOO-2007 (Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y especies ganaderas) (**Fig. 4**) (SENASICA, 2020).



Figura 4. Mapa actual de casos de rabia parálitica bovina en el territorio mexicano (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2025).

La persistencia de esta zoonosis dentro del territorio mexicano obedece a diversos factores, una de ellas es el aumento de fuentes disponibles de alimento, particularmente derivado de la expansión de la actividad ganadera, lo cual propicia condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento poblacional de los murciélagos; asimismo, las transformaciones de los hábitats naturales y los efectos asociados al cambio climático (SENASICA, 2020) el cual representa uno de los factores más determinantes. Proyecciones ecológicas indican que entre 2050 -2070, existirá una expansión superficial hacia regiones del norte y el centro del territorio mexicano, áreas donde actualmente las poblaciones de *Desmodus rotundus* son mínimas o inexistentes, lo que implicaría un posible cambio en el patrón epidemiológico de la enfermedad (Fig. 5) (Zarza et al., 2017).

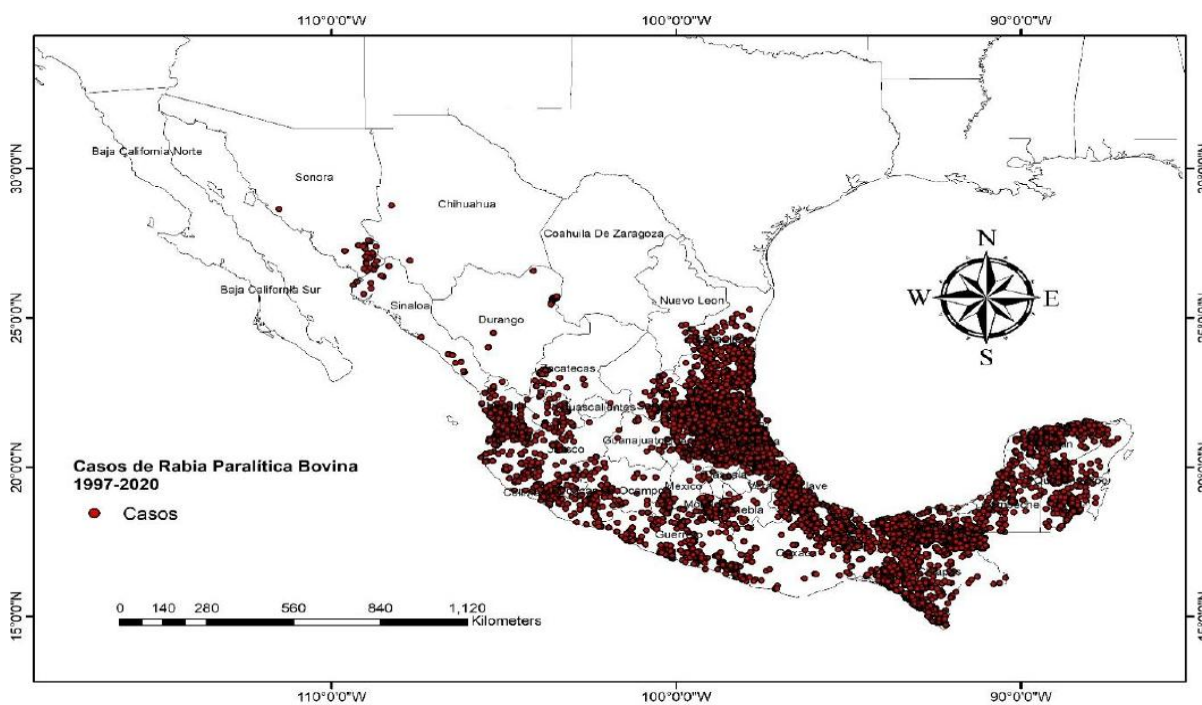


Figura 5. Mapa de los casos de Rabia Parálitica Bovina (RPB) registrados por SENASICA en el periodo de 1997-2020 (Olave Leyva, 2024).

Impacto Económico

El impacto económico a causa de los murciélagos hematófagos, particularmente *Desmodus rotundus*, resulta difícil de calcular, debido a la multiplicidad de efectos directos e indirectos que ocasiona en las unidades de producción; entre las principales afectaciones se encuentra el debilitamiento del ganado por la pérdida de sangre, la predisposición a infecciones secundarias y la disminución en la producción de leche y carne (Romero-Almaraz *et al.*, 2006), asimismo, las lesiones provocadas por las mordeduras pueden llegar a complicarse con la presencia de miasis y otras infecciones secundarias en las heridas; adicionalmente se ha documentado casos de mortalidad en aves por sangría total, baja conversión alimenticia al necesitar más forraje para ganar peso y compensar la pérdida crónica de sangre; depreciación de las pieles de hasta un 50% respecto a su valor real. En hembras lactantes, particularmente en cerdas, se ha observado oclusión de canales galactóforos como resultado de la cicatrización de las heridas en la glándula mamaria causada por vampiros; finalmente, las pérdidas económicas pueden agravarse considerablemente cuando el ganado afectado desarrolla rabia paralítica bovina (RPB), condición que con frecuencia culmina en la muerte del animal (Flores Crespo, 2003).

Si bien estos efectos son significativos, la pérdida económica más grave asociada a la presencia de vampiros en áreas ganaderas es la mortalidad por rabia. Esta enfermedad, al transmitirse a través de la saliva del murciélago durante la alimentación, puede provocar la muerte del ganado en ausencia de diagnóstico y tratamientos oportunos. Aunque existen limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información precisa, se ha estimado una mortalidad de 1,000,000 de cabezas anuales en toda Latinoamérica. Si a cada uno de estos animales les diéramos un valor promedio de \$ 5,000 pesos mexicanos, se estima una pérdida económica anual de \$ 5,000,000,000.00 (Flores Crespo, 2003); por otro lado, en la ganadería nacional, el impacto socioeconómico anual por los efectos de la mordedura del murciélago sobre el ganado se estima en alrededor de los 23,000,000 dólares, debido a las pérdidas indirectas por la disminución de la productividad cárnica, la anemia, las infecciones secundarias en las heridas, la depreciación del cuero, la oclusión de canales galactóforos en fase de lactación, entre otras (Zarza *et al.*, 2017).

Justificación

Los murciélagos, en general, han adquirido una mala reputación ante la sociedad, todo esto debido a la falta de información sobre su importancia ecológica. Esta percepción negativa ha tenido repercusión no solo para *Desmodus rotundus*, sino también para otras especies de murciélagos insectívoros, polinívoros, nectarívoros y frugívoros, que presentan bajas dentro de su población, todo esto debido al temor generalizado hacia la transmisión de rabia o el miedo de la pérdida de su ganado por la transmisión de enfermedades de estas especies de murciélagos; es por ello que muchas personas optan por destruir sus refugios o eliminarlos, sin tomar en cuenta que existen murciélagos que no se alimentan de sangre y que son controladores de plagas, como es el caso de los murciélagos insectívoros o son polinizadores importantes para una gran variedad de plantas, afectando indirectamente los equilibrios ecológicos. El presente estudio tiene como finalidad contribuir a la recopilación de información sobre *Desmodus rotundus*, específicamente con relación a las características de su sistema esquelético. Se pretende que esta investigación sirva como base de referencia de estudios futuros, especialmente a aquellos orientados al control de poblaciones, a profesionales en áreas como la medicina veterinaria, biólogos y otras disciplinas interesadas en la salud pública, la sanidad animal y la conservación.

Hipótesis

La estructura ósea de los murciélagos hematófagos presenta características específicas y evolutivas necesarias para poder llevar a cabo sus actividades de cacería y alimentación.

Objetivos

Objetivo General

Realizar una descripción morfológica detallada del sistema esquelético del murciélago hematófago *Desmodus rotundus*.

Objetivos específicos

- Obtener el sistema esquelético del murciélago hematófago *Desmodus rotundus*, mediante las técnicas de osteotecnica y esqueletorrafia.
- Identificar y describir el sistema esquelético del murciélago hematófago *Desmodus rotundus*.

Materiales y Métodos

Obtención de muestras biológicas

Se trabajó con dos sujetos de murciélagos de la especie *Desmodus rotundus* (**Fig. 6**), que fueron capturados en el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México.



Figura 6. Sujeto de estudio *Desmodus rotundus*

Se trasladaron al Instituto de Ciencias Agropecuarias para su sacrificio. El sacrificio de los ejemplares se llevó cabo conforme a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-033-SAG/ZOO-2014 (Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres) y la Norma Oficial

Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio). Los animales fueron sedados con ketamina a una dosis de 5 mg/kg por vía intramuscular, y posteriormente se les practicó la eutanasia mediante una sobredosis de pentobarbital sódico al 0.1 %, por vía intrahepática.

Una vez que se verificó la muerte de los sujetos, se procedió a la aplicación de las técnicas de osteotecnia, cuyo objetivo es la obtención, limpieza y preservación de material óseo para su conservación (Pérez-Trejos *et al.*, 2021) y de esqueletorrafia, procedimiento enfocado en el armado y montaje de piezas óseas para la obtención de esqueletos completos (Bordes *et al.*, 2014).

Procesamiento de las muestras mediante osteotecnia

Disección

El proceso inició con la remoción completa de la piel, hasta dejar expuestos todos los músculos (**Fig. 7**). Después, se procedió a retirar la mayor cantidad de tejido blando posible como son los músculos y órganos, todo esto con ayuda de una tijera mayo, hojas de bisturí y pinzas de disección (Bordes *et al.*, 2014).



Figura 7. Proceso observación y disección de piel con ayuda de tijeras mayo.

Los residuos biológicos generados fueron depositados en bolsas amarillas y almacenados temporalmente en refrigeración. En cuanto a los residuos no anatómicos, se colocaron en bolsas rojas, siguiendo la clasificación establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002 (Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológicos-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo), con el fin de garantizar un adecuado envasado, almacenamiento, transporte y tratamiento, hasta su disposición final (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Secretaría de Salud.,2002).

Una vez retirada la mayor parte del tejido muscular, se llevó a cabo la desarticulación de cada uno de los huesos, proceso que me permitió trabajar de mejor manera dejando lo más limpio posibles los huesos, antes del proceso de cocción (**Fig. 8**). Para dicho proceso de cocción, los huesos se colocaron en pequeños grupos dentro de gasas, con el objetivo de evitar la flotación de las piezas durante el proceso, garantizando así una exposición uniforme al calor, también para evitar perder las piezas pequeñas, como es el caso de los huesos de las alas (Bordes *et al.*, 2014). Para la etapa de cocción se realizó una solución compuesta por agua e hidróxido de amonio (NH_4OH) dentro de un recipiente metálico, la acción del hidróxido de amonio es desengrasar, blanquear y eliminar los restos de tejido muscular adheridos a los huesos (**Fig. 9**). Los huesos fueron introducidos en la solución desde un inicio del calentamiento, aumentando gradualmente la temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición. El tiempo en que tardaron las piezas dentro de la mezcla fue de 10 minutos. En el caso de huesos de mayor tamaño (húmero, radio y pelvis), se realizaron unos pequeños orificios con ayuda de una jeringa para permitir la expulsión de la médula ósea durante la cocción, evitando así su descomposición posterior (Rodríguez Palomo *et al.*, 2009).



Figura 8. Resultado de la disección y desarticulación del ejemplar.



Figura 9. Etapa de cocción en una solución compuesta por agua e hidróxido de amonio (NH_4OH) dentro de un recipiente metálico.

Al finalizar la cocción, se retiraron las piezas y se almacenaron en un recipiente plástico sellado para su posterior uso. Esto permitió que la temperatura se fuera perdiendo de manera gradual y se pudiera trabajar mejor con las piezas. Una vez que la temperatura bajó completamente, se realizó un segundo descarnado de aquellas piezas que no se limpiaron completamente (**Fig. 10**) y si era necesario una segunda cocción, como fue el caso del cráneo (5 minutos adicionales) y las vértebras y costillas (8 minutos) (Pérez-Trejos *et al.*, 2021).



Figura 10. Hueso después de la primera cocción y el segundo proceso de descarnar.

Para retirar el encéfalo del cráneo sin dañarlo; se utilizó una jeringa para succionar poco a poco el tejido cerebral, evitando así la fractura de las estructuras óseas del cráneo.

Cuando las piezas estuvieron completamente limpias, se les realizó un blanqueamiento en una solución de agua y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a una solución de 50% durante 12 horas, sumergidas completamente (**Fig. 11**). Transcurridas las 12 horas y al observar que las piezas estaban completamente blancas, se colocaron sobre una charola y dejaron secar a temperatura ambiente en un lugar donde recibieron sol indirectamente (**Fig. 12**) (Rodríguez Palomo *et al.*, 2009).



Figura 11. Proceso de blanqueamiento dentro de la solución con peróxido de hidrógeno (H_2O_2).



Figura 12. Resultado final del proceso de osteotecnia.

Durante todo el proceso se realizó documentación fotográfica, como soporte visual para el posterior armado del esqueleto.

Proceso de registro morfométrico, esqueleto y representación osteológica del esqueleto

Para el proceso de esqueleto (ensamblaje) del esqueleto se requiere de bicarbonato de sodio (NaHCO_3), N-butil-cianocrilato como adhesivos, y acrílico en aerosol, que le dará al esqueleto una capa de protección contra los factores ambientales y un brillo de apariencia estética (Nieto Bordes *et al*, 2023).

Registro morfométrico

Previo al proceso de ensamblaje, se realizó el registro morfométrico de cada una de las piezas óseas mediante el uso de una cinta métrica flexible. La toma de las medidas se realizó antes del armado del esqueleto, ya que este procedimiento permitió una correcta alineación de cada hueso con la cinta, garantizando mayor exactitud en los valores obtenidos. Asimismo, esta metodología evitó las limitaciones que había representado la medición posterior al ensamblaje completo del esqueleto.

Las piezas óseas fueron dispuestas sobre un fondo negro con el fin de mejorar el contraste durante la documentación fotográfica. Las imágenes obtenidas constituyeron la base para el análisis morfométrico posterior, permitiendo la medición digital precisa de cada uno de los elementos óseos.

Determinación de la postura anatómica

Una vez que se tomaron las medidas y las fotos, se decidió la posición final del esqueleto, eligiendo una postura de vuelo activo con las extremidades anteriores extendidas. Esta postura permite resaltar las adaptaciones anatómicas relacionadas con el desplazamiento aéreo y facilita su interpretación funcional en contextos educativos y científicos.

Esqueleto

Una vez realizado el proceso de morfometría, se continuó con el proceso de ensamblaje que se inició colocando todas las piezas sobre una mesa de trabajo y así corroborar que no faltaba ningún hueso y para posicionar bien al esqueleto. Se comenzó con el armado de las alas,

uniendo cada una de las partes y siguiendo una secuencia anatómica de distal a proximal. En cada articulación se colocó de manera cuidadosa una gota de N-butil-cianoacrilato en la superficie de contacto entre los extremos óseos, posteriormente se mantuvieron presionados por 20 segundos, para finalmente espolvorear un poco de bicarbonato de sodio sobre la unión, acelerando la solidificación del adhesivo.

Este proceso se repitió en todas las áreas y finalmente, se integraron todas las estructuras principales al eje del axial (columna y caja torácica), completando la reconstrucción tridimensional del espécimen.

Una vez armado completamente el esqueleto se le colocó acrílico en aerosol, en diferentes capas, aplicando a una distancia de 20 a 25 cm del esqueleto de un lado al otro, dejando secar de 5 a 10 minutos entre cada capa.

Toma de fotografías y representación osteológica

Una vez concluido el ensamblaje del esqueleto completo de *Desmodus rotundus*, se procedió a la toma de fotografías. Dichas imágenes incluyeron tanto la estructura general del esqueleto como detalles específicos de los carpos y tarsos. Posteriormente, estas fotografías fueron empleadas para elaborar una representación anatómica precisa del sistema esquelético, en la que se identificaron y detallaron cada una de las piezas que lo conforman, mediante el uso del *software* Sketchbook (Autodesk Inc., 2025).

Resultados

Medición y descripción del sistema esquelético de *Desmodus rotundus*

Como apoyo para realizar la descripción morfológica de cada una de las piezas óseas, se tomaron fotografías de cada uno de los huesos sobre un fondo negro homogéneo, incorporando en cada toma una cinta métrica que proporcionó una referencia de escala conocida, indispensable para la calibración digital posterior en el *software* ImageJ, en donde se midieron cada una de las imágenes de los huesos, a una medición más exacta y conocer así su morfometría.

La medición de cada hueso se hizo a lo largo y ancho de cada uno y se realizó un registro para su posterior análisis y descripción. A continuación, se presentan los resultados en forma de tablas, organizadas por regiones anatómicas (**Tablas 1 - 15**).

Para la colocación de cada uno de los términos anatómicos se utilizó la Nomenclatura Anatómica Veterinaria 2017 (International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 2017), como base para nombrar cada uno de los huesos y para la descripción ordenada de cada uno, se agruparon estos en esqueleto axial y esqueleto apendicular.

De este modo, el esqueleto axial está conformado por el cráneo, los grupos de vértebras (cervicales, torácicas, lumbares y sacras), las costillas, el esternón y la pelvis.

Y el esqueleto apendicular está conformado por los miembros torácicos, que incluyen cada uno a la clavícula, la escápula, el húmero, el radio, la ulna, los carpos, los metacarpos y las falanges, y los miembros pelvianos, que incluyen cada uno el hueso coxal, el fémur, la tibia, la fíbula, los tarsos, los metatarsos y las falanges.

Esqueleto axial

Cráneo

El cráneo constituye una estructura compleja conformada por diversos huesos que se interrelacionan estrechamente, cumpliendo la función de proteger el encéfalo. Cada uno de estos huesos fueron identificados en diferentes proyecciones anatómicas:

- Vista rostral: Se identificaron los huesos frontal, cigomático, nasal, incisivo, maxilar y temporal.
- Vista caudal: Se observa parcialmente el hueso frontal, toda la parte del hueso parietal, los huesos temporales, el hueso interparietal y el hueso occipital.
- Vista ventral: Se reconocen los huesos temporal, pterigoideo, etmoides, vómer, incisivo, maxilar, palatino, frontal, basiesfenoides, así como la porción basilar del occipital y el hueso occipital.

- Vista lateral: Se observó el hueso frontal, lagrimal, nasal, incisivo, maxilar, cigomático, temporal, occipital, interparietal, basiesfenoides y preesfenoides.

Hueso parietal

El hueso parietal es un hueso par del neurocráneo cuya función principal es brindar protección ósea al encéfalo, incluyendo el cerebro, cerebelo y el tronco encefálico. Anatómicamente, se dispone rostral al hueso occipital, caudal al hueso frontal y establece un límite ventral con la porción escamosa del hueso temporal. Las uniones fibrosas que conectan los huesos planos del cráneo reciben el nombre de suturas. En el hueso parietal se distinguen tres suturas de importancia: la sutura coronal, que articula con el hueso frontal; la sutura lambdoidea, que lo conecta con el hueso interparietal y el occipital; la sutura sagital, que une a ambos parietales a lo largo de la línea media. El hueso parietal constituye también la delimitación de la fosa temporal, una depresión amplia y ligeramente rugosa que sirve como sitio de origen del músculo temporal. En su superficie dorsal se identifica la cresta sagital externa poco desarrollada. (**Fig. 13**) (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso frontal

El hueso frontal (**Fig. 13**), es un elemento par del neurocráneo que constituye a la protección y delimitación de las cavidades craneales y orbitales. Está constituido por dos porciones simétricas que se articulan mediante la sutura interfemorale, dentro de cuyo espacio se localiza el seno frontal. Morfoanatómicamente, el hueso frontal puede subdividirse en porción escamosa, porción nasal y porción orbitaria. En la porción escamosa se observa el arco superciliar, estructura que conforma el borde del hueso frontal que constituye a la delimitación superior de la órbita. Asimismo, esta porción también participa en la conformación de la línea temporal. El proceso cigomático del hueso frontal se articula con el proceso frontal del cigomático mediante el ligamento orbitario, completando de forma funcional el cierre de la órbita. La porción orbitaria forma la pared medial de la órbita y establece límites articulares con los huesos lagrimal, palatino, esfenoides y con las alas del basiesfenoides. Finalmente, la porción nasal se articula con el hueso nasal, generando una superficie de contacto

característica en forma de “W”, considerada un rasgo morfológico distintivo en la configuración craneal de esta especie (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso temporal

El hueso temporal (**Fig. 13**), es un elemento del neurocráneo situado en la región caudal del cráneo y se compone de tres porciones diferenciadas: porción petrosa, porción timpánica y porción escamosa. La porción petrosa se localiza en la superficie interna de la cavidad craneana. Caudalmente, se articula con el hueso occipital, y se encuentra ubicada entre la porción timpánica y escamosa del temporal. En la interior aloja las estructuras del oído interno, incluyendo la cóclea, el vestíbulo y los canales semicirculares, protegidos por un denso tejido óseo. Caudalmente, la porción petrosa se prolonga hacia la superficie externa del cráneo para formar el proceso mastoideo, sitio de inserción del músculo estilohioideo y de los tendones correspondientes a la porción mastoidea del músculo esternocefálico (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

La porción timpánica, a diferencia de la petrosa, se ubica en la región externa de la bóveda craneana, y se caracteriza por dilatación ventral bulbosa, la bulla timpánica, la cual aloja el oído medio. Esta estructura presenta una morfología redondeada y lisa, y establece articulación con el hueso occipital, delimitando en conjunto la fisura tímpano-occipital. La porción escamosa del temporal se articula con los huesos frontal, parietal y esfenoides. Presenta una prominencia ósea denominada proceso cigomático del temporal, el cual solo fue observable en uno de los ejemplares debido a la pérdida del correspondiente en el proceso de cocción. Este proceso se proyecta en dirección latero-rostral y, en conjunto con el proceso temporal del hueso cigomático, constituye a la formación de arco cigomático. En la base del proceso cigomático, sobre el margen ventral, se localiza la fosa articular o mandibular, una depresión delgada que participa en la constitución de la articulación temporomandibular, junto con el margen dorsal del proceso condilar de la rama mandibular (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso pterigoideo

Este hueso (**Fig. 15**) se localiza en la región ventral del maxilar y presenta una morfología corta y estrecha. Constituye a la delimitación lateral de las coanas y establece articulación con el proceso pterigoideo del basiesfenoides (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso occipital

El hueso occipital (**Fig. 13 y 14**), se desarrolla a partir de tres centros de osificación: exoccipital, supraoccipital y basioccipital, los cuales se fusionan progresivamente durante el periodo fetal para convertirse en el hueso occipital definitivo. Este hueso forma la superficie ventro-caudal del cráneo y aloja en su región central al foramen magno, estructura que establece la comunicación entre la cavidad craneana y el canal vertebral. En los bordes del foramen magno se distinguen la incisura intercondilar dorsal, de morfología semilunar, y la incisura intercondilar ventral (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

A cada lado del foramen magno se localizan las porciones laterales, donde se observan los cóndilos occipitales. En *Desmodus rotundus*, dichos cóndilos presentan un desarrollo moderado. Estas estructuras articulan con las fosas craneales de la primera vértebra cervical (C1) o atlas, para formar la articulación atlanto-occipital, responsable de los movimientos de flexión y extensión de la cabeza. Rostro-ventralmente a los cóndilos, se encuentran los procesos yugulares, estructuras de poco desarrollo y morfología triangular, los cuales mantienen una estrecha relación con la bulla timpánica (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso interparietal

El hueso interparietal (**Fig. 13**) es un elemento óseo impar que, durante el desarrollo fetal, se fusiona con el hueso occipital. En el cráneo adulto se presenta como una prolongación o protuberancia que se proyecta en dirección rostral, situándose en la línea media, entre los huesos parietales y occipitales (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso esfenoides

Este hueso se localiza en la base del neurocráneo y constituye una porción fundamental del piso de la cavidad craneana. Se articula caudalmente con la porción basilar del hueso occipital y rostralmente con el hueso etmoides. Anatómicamente, está conformado por dos segmentos diferenciados: el basiesfenoides, situado en la región caudal y el preesfenoides, ubicado en la región rostral (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso Basiesfenoides

El hueso basiesfenoides (**Fig. 15**) presenta una morfología compleja por un cuerpo central, un par de dos alas laterales y dos procesos pterigoideos. Este hueso se ubica caudal al hueso preesfenoides y rostral a la porción basilar del occipital, con la cual mantiene una continuidad estructural en la base del neurocráneo. Por su parte, los procesos pterigoideos se proyectan ventro-caudalmente y establecen articulaciones con el hueso palatino, mientras que medialmente se relaciona con los huesos pterigoideos. Estas estructuras conforman parte del soporte óseo del paladar y de las paredes laterales de la región nasofaríngea, desempeñando un papel esencial en la arquitectura interna del cráneo (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso Preesfenoides

El preesfenoides (**Fig. 15**), al igual que el hueso basiesfenoides, está conformado por un cuerpo central y un par de alas laterales. El cuerpo del preesfenoides se articula caudalmente con el basiesfenoides y, en dirección rostródorsal, con el hueso etmoides, constituyendo a la conformación del piso de la cavidad craneana y de la región esenoetmoidal. Rostroventral establece contacto con el vómer, mientras que en sentido rostrolateral se relaciona con el hueso palatino. Las alas del preesfenoides se proyectan lateralmente y articulan con el hueso frontal, así como las alas del basiesfenoides, y forman parte del límite óseo de la fosa craneal anterior y participando en la separación entre cavidades nasal y craneana (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso etmoides

El hueso etmoides (**Fig. 15**) constituye la estructura que separa la cavidad nasal del endocráneo. Dorsalmente se encuentra delimitado por el hueso frontal; lateralmente mantiene contacto con el hueso maxilar, y ventralmente se articula con el vómer y el hueso palatino, constituyendo a la conformación del tabique nasal. El hueso presenta como uno de sus componentes principales una lámina cribosa, una estructura transversal perforada por múltiples forámenes que permiten el paso de los filetes del nervio olfatorio hacia la cavidad craneana. Asimismo, la lámina perpendicular constituye una delgada lámina ósea orientada en sentido dorsoventral que divide al etmoides en dos porciones simétricas, participando en la formación del septo nasal óseo (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso vómer

El vómer (**Fig. 15**) es un hueso impar, alargado y delgado, situado en el plano medio del piso de la cavidad nasal. En su porción dorsal presenta un surco longitudinal con forma de “U”, delimitado por las láminas laterales y la lámina basal. Aquí se apoya el septo nasal óseo, se articula con la lámina perpendicular del etmoides y se comunica hacia la parte ventral con el hueso maxilar. Por medio de la lámina basal, se une a la lámina horizontal del hueso palatino (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso lagrimal

El hueso lagrimal es un hueso par, delgado y de pequeño tamaño, situado en la pared medial de la órbita, en proximidad del ángulo ocular medial. Forma parte del esqueleto facial lateral y participa en la constitución del marco orbitario mediante articulaciones con el hueso frontal, del cigomático y el maxilar. Asimismo, establece contacto con el hueso palatino a través de márgenes articulares reducidos. Su extensión caudal más allá del borde orbitario es mínima, lo que confiere a este hueso una superficie limitada y una proyección discreta dentro de la cavidad orbitaria (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso nasal

El hueso nasal se localiza en la superficie rostral del cráneo y se une con su par en la línea media mediante una sutura de tipo plana; a nivel caudal, se articula con el hueso frontal y, lateralmente, con el hueso incisivo. Este hueso forma la base ósea del dorso de la nariz y presenta dos caras: una cara interna y otra externa. La cara externa presenta una forma ligeramente convexa (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso incisivo

Es uno de los huesos par, que se ubica rostralmente en la arcada dental superior. Posee tres procesos: el nasal, que se articula con el hueso nasal; el proceso palatino, que se articula con el hueso maxilar por la parte ventral y forma las fisuras palatinas, y el alveolar, en el que se encuentra los alvéolos dentales en los que se alojan y articulan los dientes incisivos (**Fig. 14**) (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso maxilar

El hueso maxilar (**Fig. 14**) es par y constituye la porción lateral del esqueleto facial. En una proyección ventral, exhibe una morfología en forma de “V”. Internamente, aloja un seno paranasal denominado seno maxilar. Este hueso constituye la conformación de las paredes laterales de las cavidades nasales y orales, así como el techo del paladar. Además, posee procesos alveolares que sirven como soporte para los dientes de la arcada superior (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso palatino

El hueso palatino (**Fig. 15**) es un elemento par del esqueleto facial que participa en la conformación del paladar duro, junto con el hueso incisivo y el hueso maxilar. Su disposición anatómica permite la delimitación de la cavidad oral y nasal, constituyendo además a la estructura de las fosas nasales posteriores y estableciendo articulaciones con los huesos adyacentes de la región facial (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Mandíbula

La mandíbula constituye un hueso impar formado por la unión de dos hemimandíbulas mediante un fibrocartílago. Anatómicamente, se divide en dos porciones principales: la rama mandibular, de orientación vertical, y el cuerpo mandibular, de orientación horizontal. En el extremo más dorsal de la rama mandibular se localiza el proceso coronoides; aquí es el lugar donde se inserta el músculo temporal, cuya función principal es permitir la elevación y movilidad de la mandíbula. El cuerpo de la mandíbula posee un margen alveolar, que tiene los alvéolos para las raíces de las piezas dentarias. En el margen lateral de la mandíbula, a nivel de la rama mandibular, se puede apreciar la fosa masetérica, punto de inserción del músculo masetero, mientras que en la superficie ventral del cuerpo mandibular se observa la línea milohioidea, que constituye el origen del músculo milohioideo (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Hueso cigomático

El hueso cigomático (**Fig. 14**) es un hueso par, ubicado ventrolateralmente al hueso lagrimal, que constituye el componente óseo principal del arco cigomático. Presenta una morfología alargada, de contorno irregular y con escasa curvatura, y participa en la conformación del borde lateral de la órbita (Saldivia Paredes *et al*, 2020).

Aparte de los huesos se identificaron las piezas dentarias que conforman la mandíbula y el maxilar, obteniendo la siguiente fórmula dentaria $2 (I \frac{1}{2}, C \frac{1}{1}, P \frac{1}{2}, M \frac{1}{1})$.

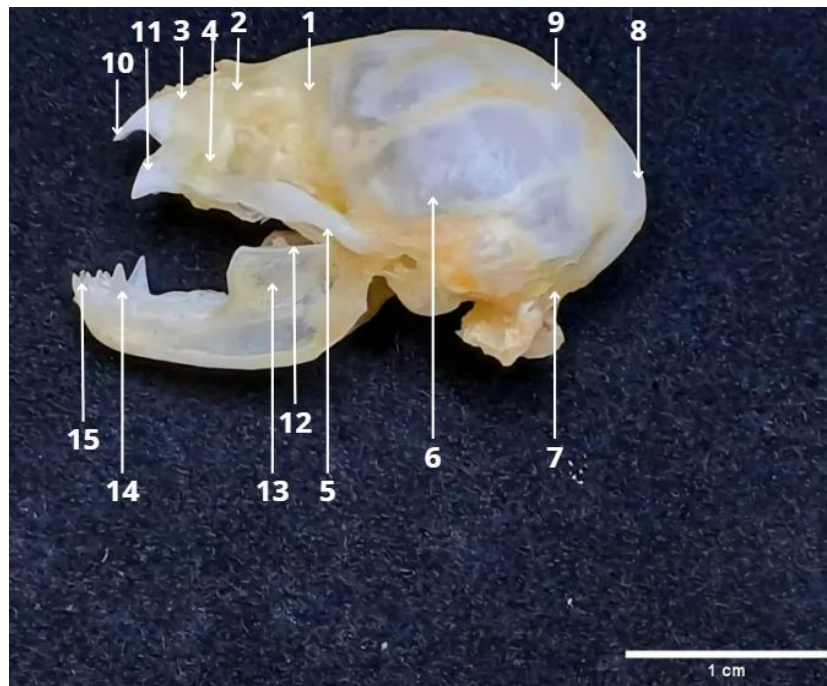


Figura 13. Cráneo vista lateral: 1, Hueso frontal; 2, Hueso nasal; 3, Hueso incisivo; 4, Hueso maxilar; 5, Hueso cigomático; 6, Hueso temporal; 7, Hueso occipital; 8, Hueso interparietal; 9, Hueso parietal; 10, Incisivos; 11, Colmillos; 12, Proceso coronoideo; 13, Fosa masetérica; 14, Caninos; 15, Incisivos.

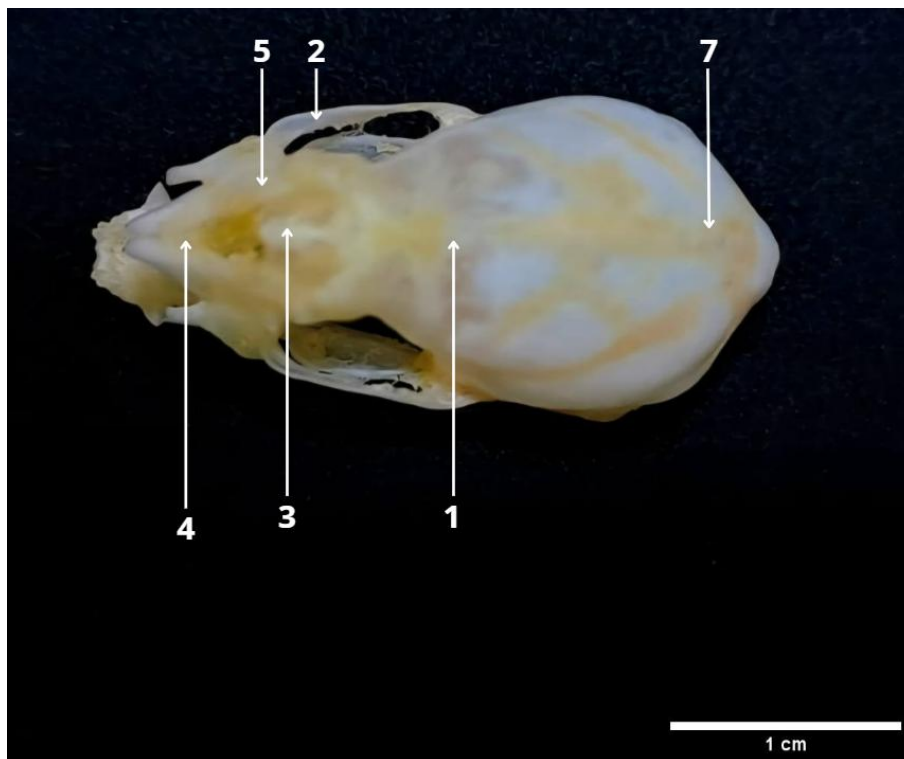


Figura 14. Cráneo vista dorsal: 1 Hueso frontal; 2, Hueso cigomático; 3, Hueso nasal; 4, Hueso incisivo; 5, Hueso maxilar; 7, Hueso parietal.

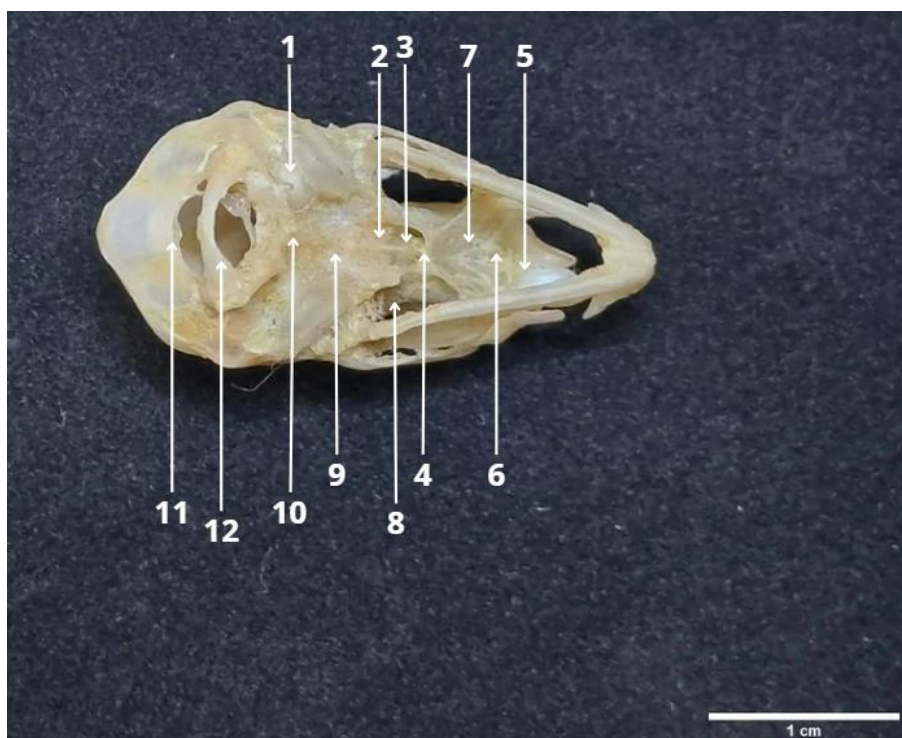


Figura 15. Cráneo vista ventral: 1, Hueso temporal; 2, Hueso pterigoideo; 3, Hueso etmoides; 4, Vómer; 5, Hueso incisivo; 6, Hueso maxilar; 7, Hueso palatino; 8, Hueso frontal; 9, Hueso basiesfenoides; 10, Porción basilar del occipital; 11, Hueso occipital; 12, Atlas.

También se realizaron mediciones morfométricas del cráneo anteroposterior y lateroposterior. Estas mediciones permiten caracterizar la morfología craneal y establecer comparaciones interindividuales entre los especímenes; en la siguiente tabla se muestran los resultados (Tabla 1).

Tabla 1. Medidas del cráneo del espécimen 1 y 2.

Cráneo	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Craneal	Media	Caudal	Longitudinal	Craneal	Medial	Caudal
	Lateral	0.93	1.29	1.33	Lateral	1.12	1.20	0.84
	2.83				2.80			
	Dorsal				Dorsal			
	2.91				2.85			

En el apartado del cráneo se tomaron las medidas tanto longitudinales como transversales, en la zona craneal el hueso maxilar, en la zona de medial se tomó como punto al hueso parietal y en caudal al hueso interparietal.

Columna Vertebral

La columna vertebral (**Fig. 16**) se encuentra conformada por 4 grupos de vértebras, 7 cervicales, 12 torácicas y 6 lumbares y las vértebras sacras, estas últimas fusionadas para conformar el sacro; en el presente estudio únicamente fue posible identificar a la primera vértebra sacra.

En el segmento cervical, la primera vértebra corresponde al atlas (C1), la cual se distingue por ser de gran tamaño en relación con las restantes cervicales. Se caracteriza por presentar un arco neural dorsal aplanado y forámenes de gran tamaño, lo que facilita la conexión entre la cavidad craneana y el canal vertebral, además de que permite una amplia movilidad articular en la región cervical. Posteriormente se localiza el axis (C2), la vértebra cervical de mayor altura, en vista lateral se observa un proceso espinoso prominente, con una ligera inclinación craneal; los procesos transversos están presentes, aunque son de un tamaño reducido. Caudal al axis, está la serie de vértebras de la C3 hasta la C7. Se observa un proceso espinoso pequeño en C5 y C6. Desde C3 hasta C5, los procesos transversos presentan una morfología en forma de "V"; posteriormente después C6 adquieren una forma rectangular; estos procesos se encuentran orientados caudalmente, con la excepción de C7, donde se encuentran orientados levemente hacia craneal, adquiriendo una forma de escuadra (Gaudioso, 2019).

En el segmento torácico se identificaron 12 vértebras (T1-T12). La primera vértebra torácica (T1) se distingue por ser más larga y ancha en comparación con las vértebras torácicas posteriores, que son únicamente más largas o ligeramente elongadas. Las últimas dos vértebras torácicas (T11-T12) presentan rasgos morfológicos semejantes al grupo lumbar, lo que refleja la transición hacia este tercer segmento vertebral. El desarrollo de los procesos espinosos muestra variaciones notables: en T1 son evidentes; en T2 y T3 se presentan de manera vestigial, mientras que en T10-T12 se manifiestan de forma prominente. Las crestas laterales están presentes en ambos lados de los procesos espinosos a lo largo de la serie torácica. Los procesos transversos se encuentran presentes en todas las vértebras torácicas. En T11, estos se disponen de manera separada respecto a los procesos mamilares, los cuales comienzan a observarse a partir de T2 o T3. Por otro lado, procesos mamilares independientes son visibles en la T10 y T12. En cuanto a los procesos accesorios, se constató su ausencia en toda la serie torácica. Se identificó la vértebra diafragmática en la posición T9, lo cual

concuerta con la disposición típica de esta vértebra en mamíferos (Gaudioso, 2019 y Gaudioso *et al.*,2017).

Para el segmento lumbar se identificaron 6 vértebras lumbares (L1-L6), donde las primeras vértebras son más cortas y anchas, mientras que las posteriores tienden a ser más cortas y estrechas, siendo este caso más notable en L6. Los procesos espinosos en este grupo son generalmente bajos y largos en relación con el cuerpo vertebral, a excepción de la última vértebra lumbar (L6) donde el proceso espinoso se reduce significativamente, alcanzando casi un tercio de la longitud observada en las vértebras precedentes (Gaudioso, 2017).

Finalmente, se identificaron las vértebras sacras, las cuales están fusionadas para formar el hueso sacro. En los especímenes analizados, únicamente fue posible reconocer de manera clara la primera vértebra sacra (S1). En una vista lateral, el sacro se observa fuertemente convexo y dorsalmente elevado, situándose por encima del borde dorsal de la pelvis. Los forámenes intervertebrales dorsal y ventral pueden observarse en vista dorsal, siendo los dorsales de menor tamaño en comparación con los ventrales. Las apófisis espinosas se encuentran fusionadas, formando una pequeña cresta única, mientras que los procesos transversos muestran una fusión completa, sin distinguirse los límites entre ellos ni con las vértebras adyacentes (Gaudioso *et al.*,2017 y Gaudioso, 2019).

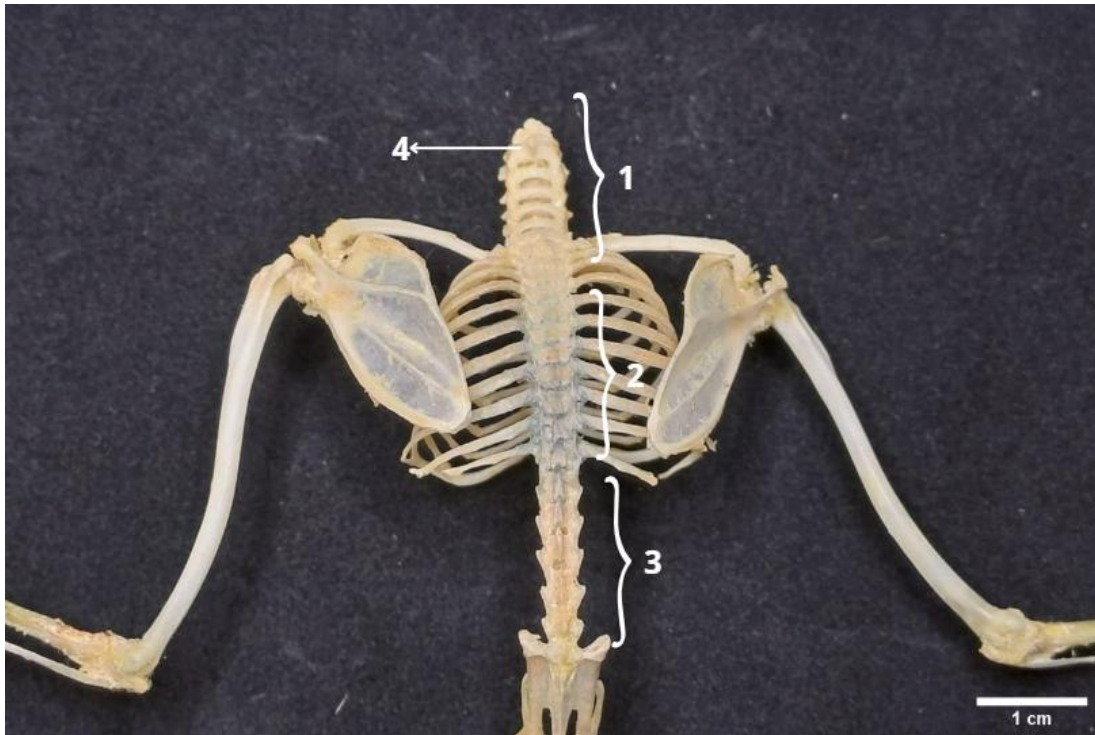


Figura 16. 1, Vértex cervicales; 2, Vértex torácicas; 3, Vértex lumbares; 4, Axis.

Las medidas osteométricas de la columna vertebral, de los dos especímenes analizados se muestran a continuación (**Tabla 2**). Dichas longitudes corresponden al segmento comprendido desde la región cervical hasta la región sacra.

Tabla 2. Medidas de la columna vertebral del esqueleto 1 y 2.

Columna Vertebral	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Craneal	Medial	Caudal	Longitudinal	Craneal	Medial	Caudal
	6.48	0.61	0.51	0.56	5.26	0.50	0.50	0.55

En cada esqueleto se tomó el largo de todos los grupos de vertebrae y en su porción craneal se midió el ancho de las vértebras cervicales, en la parte medial el ancho de las vértebras torácicas y en la parte caudal las vértebras lumbares.

Costillas

En ambos especímenes se observaron un total de 12 pares de costillas, existiendo un par por cada vértebra torácica, hallazgo que concuerda con lo descrito en la literatura. Anatómicamente, estas se articulan ventralmente con el esternón en una unión de las facetas articulares con el cartílago costales de las costillas, exceptuando a las costillas flotantes, las cuales, como su nombre lo indica, permanecen libres sin establecer contacto directo con el esternón. De acuerdo con su relación esternal, se clasifican tres tipos de costillas: Siete pares de costillas esternales, que se articulan directamente con el esternón mediante cartílago costal; tres pares de costillas asternales, que se conectan indirectamente por medio de cartílago común; y dos pares de costillas flotantes que no presentan unión ventral.

En lo referente al análisis morfométrico, las mediciones obtenidas se presentan a continuación en las correspondientes tablas (**Tablas 3**):

Tabla 3. Medidas de las costillas

Costillas	Número de costilla	Longitud (cm)	
		Primer esqueleto	Segundo esqueleto
Esternales	1	0.46	0.32
	2	1.12	1.09
	3	1.32	1.81
	4	1.55	2.13
	5	1.64	2.33
	6	1.68	2.43
	7	1.62	2.48
Asternales	8	1.61	1.99
	9	1.43	1.37
	10	1.45	1.17
Flotantes	11	1.20	0.49
	12	0.68	0.45

Se realizaron las medidas únicamente de las costillas sin tomar en cuenta el cartílago costal.

Esternón

El esternón es una estructura esquelética ubicada ventralmente, conformando el principal punto de articulación ventral de las costillas. Desde el punto de vista anatómico, se subdivide en tres regiones perfectamente distinguibles: el manubrio, el cuerpo o mesoesternón y la apófisis xifoides, disposición que en conjunto le confieren una morfología en forma de “T”. El manubrio esternal corresponde la porción más robusta y compleja, en la cual pueden identificarse procesos anatómicos. En una vista ventral, se distinguen los procesos laterales, los procesos posteriores, que se proyectan caudalmente, y el proceso ventral o también llamado quilla esternal, el cual es muy prominente. Por su parte, el cuerpo del esternón o mesoesternón presenta una conformación alargada, conformada por la fusión de siete esternebras, mientras que la apófisis xifoides constituye la porción más simple y menos desarrollada, mostrando en vista ventral una morfología semejante a un abanico (López González *et al.*, 2001).

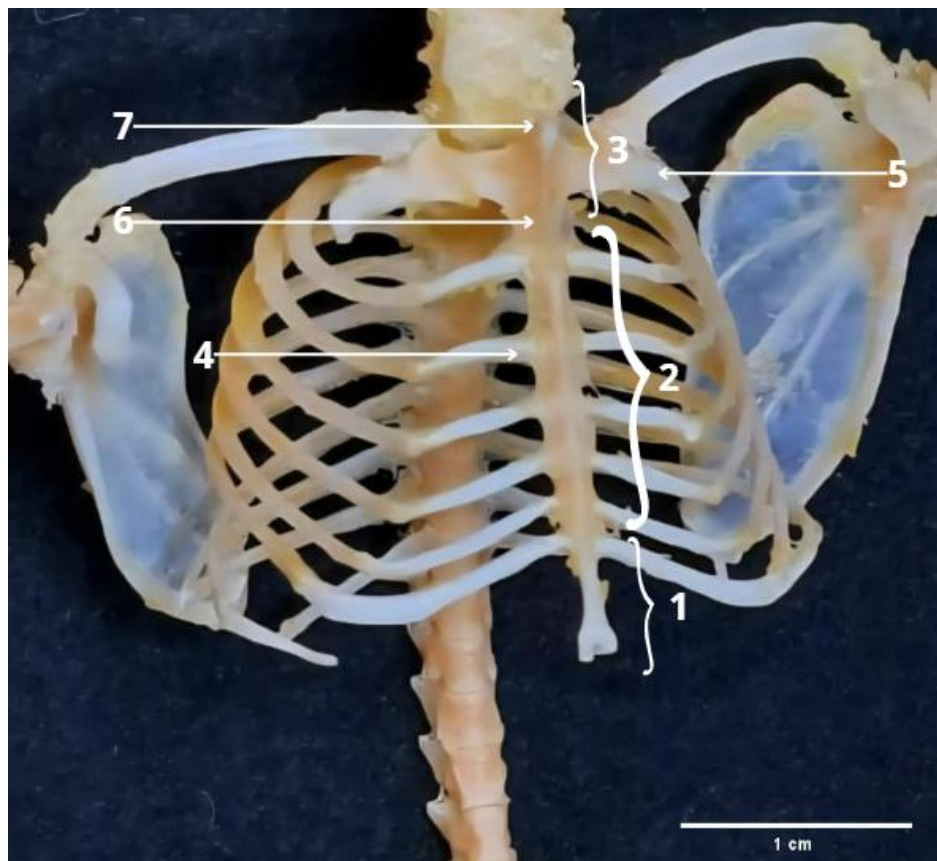


Figura 17. Esternón: 1, Apófisis xifoides; 2, Mesoesternón; 3, Manubrio; 4, Cartílagos costales; 5, Proceso lateral; 6, Proceso posterior; 7, Proceso ventral.

En relación con el análisis morfométrico, únicamente se obtuvieron mediciones del esternón correspondiente al primer espécimen, debido a que el segundo carecía de este. El ancho fue determinado de un extremo a otro de los procesos laterales, mientras que la longitud se midió desde el proceso ventral hasta el extremo distal de la apófisis xifoides (**Tabla 4**).

Tabla 4. Medidas del esternón.

Esternón	Medidas en (cm)			
	Esqueleto 1		Esqueleto 2	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
	2.41	1.06 cm	-	-

Solo se hizo la medición morfométrica del primer esqueleto, ya que el segundo ejemplar que ya habían trabajado con él.

Pelvis

La pelvis (**Figs. 18 y 19**), la encontramos conformada por dos huesos coxales, que a su vez lo conforman tres huesos más, uno de ellos el ilion que forma la porción dorsal, el isquion constituido por una rama dorsal y una ascendente; y el pubis. En vista dorsal, el extremo anterior del ilion con relación a la primera vértebra sacra está extendido anteriormente, la fosa gluteal está bien desarrollada a diferencia de la ilíaca, que presenta un marcado menor desarrollo. En vista lateral, el borde craneal del ilion es recto. La incisura acetabular es estrecha, debido a la expansión posterior de la región ventral de dicha faceta.

El isquion podemos mencionar a la rama ascendente del isquion es muy curva y el pubis que consta de una rama anterior y caudal; la rama caudal del pubis es corta y no sobrepasa posteriormente la tuberosidad isquiática.

La pelvis es uno de los huesos que se encarga de la unión de la columna vertebral y los miembros pelvianos. Este hueso se encuentra formado por dos mitades completamente simétricas, unidas por el sacro. Cada una de estas mitades conforman al hueso coxal, que se encuentran formadas a su vez de 3 huesos fusionados: el isquion, íleon y el pubis.

En el caso de los murciélagos, la necesidad del vuelo ha creado algunas adaptaciones en el ilion y el sacro, haciendo que estos dos huesos se fusionen hasta el nivel del acetábulo, lo que causa que no exista movimiento de la articulación iliosacra.

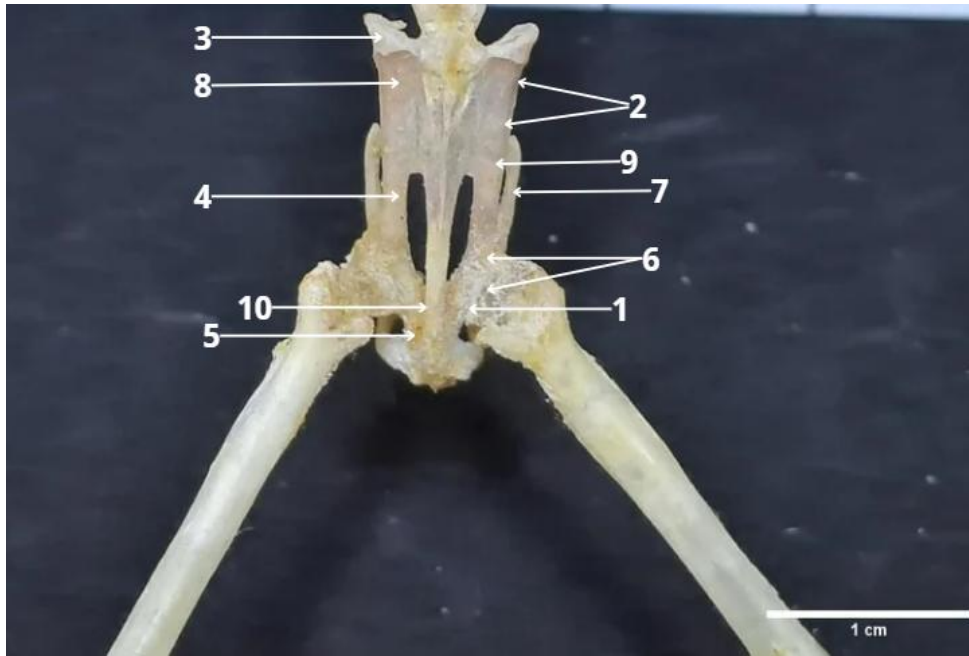


Figura 18. Pelvis vista dorsal: 1, Acetábulo; 2, Ala del ilion; 3, Cresta ilíaca; 4, Cuello del ilion; 5, Escotadura ciática menor; 6, Escotadura ciática mayor; 7, Eminencia iliopúbica; 8, Fosa cara aluteal; 9, Ilión; 10, Isquion.

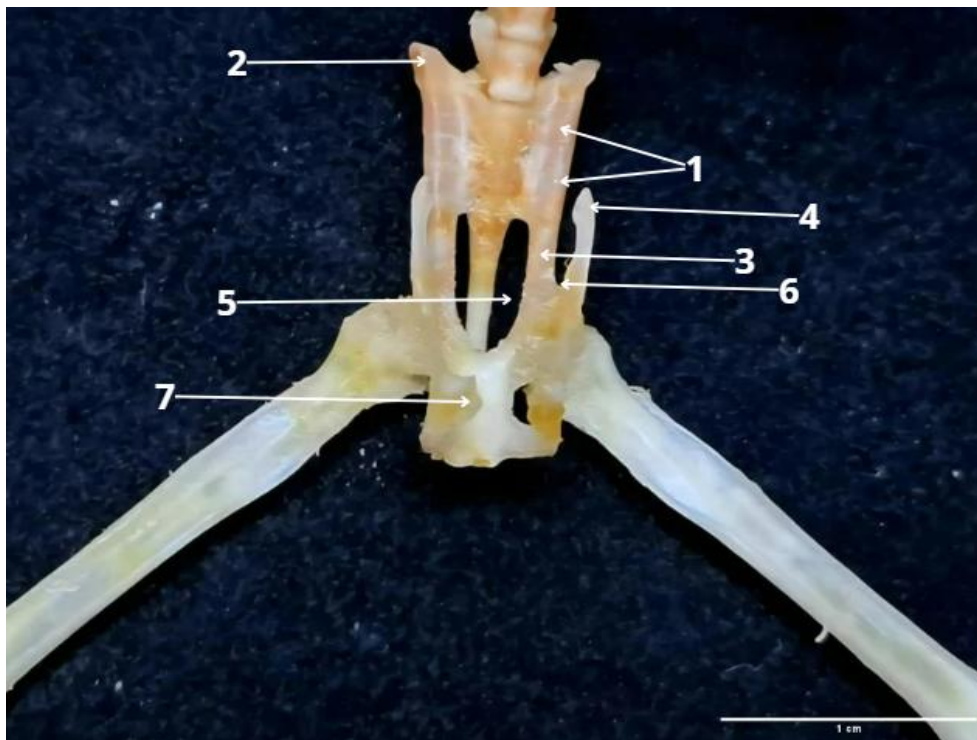


Figura 19. Pelvis vista ventral: 1, Ala del ilion; 2, Cresta ilíaca; 3, Cuello del ilion; 4, Eminencia iliopúbica; 5, Foramen obturador; 6, Incisura paraacetabular.

Las medidas morfométricas se realizaron a lo largo de todas las vértebras sacras. Para el registro del ancho se realizaron mediciones en distintos segmentos: la región proximal, correspondiente a los puntos de las crestas ilíacas; la región medial, ubicada en el extremo del cuello del ilion; y la región distal, situada en la zona del isquion (**Tabla 5**).

Tabla 5. Medidas de la pelvis.

Pelvis	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal
	1.55	0.72	0.54	0.56	1.94	0.75	0.57	0.61

Para el punto de las mediciones se eligieron puntos estratégicos para tomar el ancho de cada pelvis.

Esqueleto apendicular

Miembro torácico

Clavícula

La clavícula (**Fig. 20**), es un hueso plano que pasa por toda la caja torácica, con orientación dorsoventral; en su extremo acromial, este hueso articula con el tubérculo supraglenoideo de la escápula, mientras que el extremo esternal se articula con los procesos lateral del manubrio del esternón. La faceta esternoclavicular se distingue por su morfología arriñonada, aplanada y más desarrollada en comparación con la faceta clavículoacromial. Por su parte, la diáfisis se encuentra comprimida y en una vista lateral, es notablemente curva (Gaudioso ,2019 y López González *et al.*, 2001).



Figura 20. Clavícula: 1, Extremidad esternal; 2, Faceta esternoclavicular; 3, Faceta clavículoacromial; 4, Faceta clavículocoracoides.

Para realizar las mediciones morfométricas, se establecieron puntos de referencia anatómicos que abarcan desde la extremidad acromial hasta la extremidad esternal, con el objetivo de determinar la longitud total del hueso. El ancho fue registrado en tres regiones específicas: la extremidad acromial, la diáfisis y la extremidad esternal (**Tabla 6**).

Tabla 6. Medidas de la clavícula.

Clavícula	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal
	1.67	0.17	0.13	0.19	1.74	0.12	0.14	0.19

Se tomaron puntos específicos para tomarlos como referencia de cada medición.

Escápula

La escápula (**Fig. 21**) presenta una morfología triangular con un ángulo caudal que posee una prolongación cartilaginosa, que aporta una superficie adicional para permitir la unión al

músculo. En la superficie dorsal se observa la fosa supraespinosa, de menor tamaño y situada craneomedialmente, mientras que la fosa infraespinosa resulta considerablemente más amplia y se subdivide en tres facetas (Gaudioso ,2019).

- Faceta craneomedial, la más grande y con orientación caudolateral.
- Faceta intermedia, de menor tamaño y con su superficie inclinada craneomedialmente.
- Faceta caudolateral, de tamaño intermedio y con inclinación dorsal.

La unión de la faceta craneomedial e intermedia es profunda, mientras que la unión de la faceta intermedia con la caudolateral es elevada; estas uniones pueden estar osificadas.

El borde craneal se encuentra poco desarrollado como consecuencia de la reducción de la fosa supraespinosa, es convexo y se engrosa gradualmente hasta el reborde escapular, el cual termina en una superficie redondeada y prominente. El borde ventral es recto y delgado, en contraste con el borde lateral, que es curvo y robusto, ensanchando gradualmente desde el extremo caudal hasta el extremo craneal, donde converge con el ángulo caudal (Gaudioso *et al.*,2017 y Gaudioso,2019).

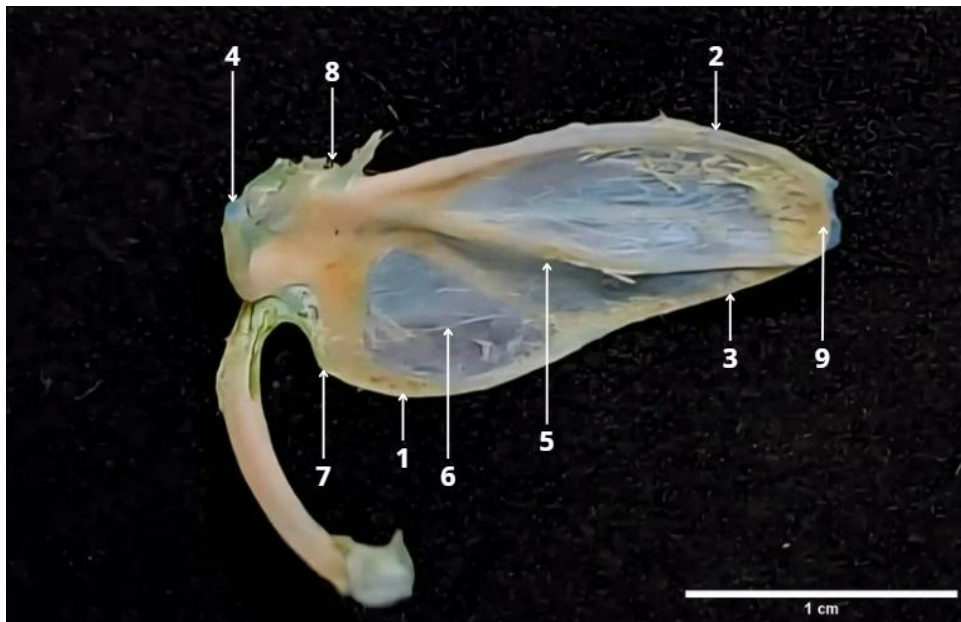


Figura 21. Escápula: 1, Margen craneal (borde anterior); 2, Margen dorsal (borde lateral); 3, Margen caudal (borde ventral); 4, Proceso coracoides; 5, Fosa infraespinosa; 6, Fosa supraespinosa; 7, Reborde escapular; 8, Tuberosidad infraglenoidea; 9, Ángulo caudal.

En la parte morfometría, se tomaron puntos anatómicos para poder medir con mayor exactitud la escápula, tanto en su longitud como en el ancho de está, permitiendo así tomar mucho mejor las medidas de cada una, los resultados encontrados se muestran a continuación (**Tabla 7**).

Tabla 7. Medidas de la escápula.

Escápula	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Proximal	Medial	Distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Medial	Epífisis distal
	2.02	0.62	0.82	0.53	2.18	0.56	0.86	0.72

Para la determinación de la longitud se tomó como referencia el trayecto desde el ángulo caudal escapular hasta el acromion, para la parte proximal se tomaron como referencias el borde anterior hasta la tuberosidad infraglenoidea, en la parte medial los puntos del borde anterior a la parte más craneal del borde lateral y finalmente la parte distal, los puntos tomados fueron del borde ventral al borde lateral.

Húmero

El húmero (**Figs.22 y 23**) es un hueso largo constituido por una epífisis proximal, una diáfisis y una epífisis distal. La epífisis proximal presenta la cabeza del húmero, de forma esférica, que se articula con la cavidad glenoidea de la escápula. Esta se encuentra delimitada por los tubérculos mayor y menor. En una vista lateral se aprecia la cresta deltoidea, recta y con una mayor prominencia en la región proximal y se atenúa progresivamente hacia la zona distal. La forma de la diáfisis, en vista lateral, es notoriamente sigmoidea, con la porción distal más recta. En corte transversal se observa una configuración predominantemente cilíndrica (Gaudioso, 2019).

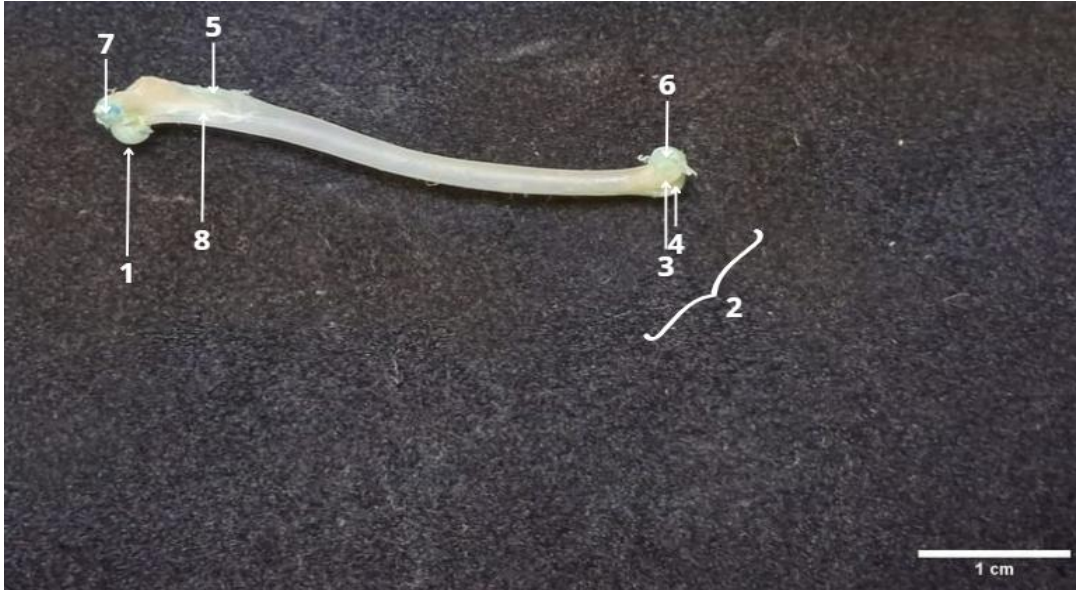


Figura 22. Húmero vista lateral: 1, Cabeza del húmero; 2, Capítulo; 3, Cresta lateral del capítulo; 4, Cresta medial del capítulo; 5, Cresta deltoidea; 6, Faceta húmeroulnar medial; 7, Tubérculo mayor; 8, Cresta medial.



Figura 23. Húmero vista medial: 1, Cabeza del húmero; 2, Cresta lateral del capítulo; 3, Cresta medial del capítulo; 4, Capitulo; 5, Epitróclea; 6, Faceta húmeroulnar medial; 7, Tubérculo mayor; 8, Tubérculo menor.

Las dimensiones morfométricas del húmero correspondientes a los dos especímenes analizados se presentan en la siguiente tabla (**Tabla 8**), donde se registró la longitud total del hueso, así como el ancho de los tres puntos anatómicos principales.

Tabla 8. Medidas del húmero.

Húmero	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífnis Proximal	Diáfnsis	Epífnis distal	Longitudinal	Epífnis proximal	Diáfnsis	Epífnis distal
	3.65	0.24	0.21	0.22	3.83	0.26	0.21	0.25

Para la longitud se midió todo el extremo de la epífnis proximal hasta la epífnis distal. El ancho se tomó en la epífnis proximal, diáfnsis y epífnis distal.

Radio

De forma general podemos describir al radio como un hueso largo que se caracteriza por su morfología curva, con una diáfnsis delgada y epífnis robusta. A lo largo de la diáfnsis se identifican diversos, siendo más evidentes en la superficie de la epífnis distal. La epífnis proximal comprende a la faceta húmero-radial, la cual se subdivide en tres superficies articulares diferenciadas: la faceta húmero-radial lateral; faceta húmero-radial central, la cual tiene una forma cóncava y superficial y la faceta húmero-radial medial (**Fig. 24**) (Gaudioso, 2019).

Los resultados derivados del análisis morfométrico del se presentan en la siguiente tabla (**Tabla 9**), mostrando el largo y el ancho registrado en tres puntos específicos.

Tabla 9. Medidas del Radio.

Radio	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífnis Proximal	Diáfnsis	Epífnis distal	Longitudinal	Epífnis proximal	Diáfnsis	Epífnis distal
	5.68	0.23	0.15	0.24	6.81	0.30	0.18	0.27

Para medir la longitud se tomó del extremo de la epífnis proximal a la distal, mientras que el ancho se midió en la epífnis proximal, en la diáfnsis y epífnis distal.

Ulna

La ulna (**Fig. 24**) en murciélagos se distingue de otros mamíferos por ser un hueso más corto, delgado y reducido en comparación con el radio. Presenta un desarrollo limitado y se encuentra fusionado a la superficie posterolateral del radio, alcanzando aproximadamente la mitad de la longitud de la diáfisis radial, destaca de un olécranon bien desarrollado y claramente evidente (Gaudioso *et al.*,2017).

Las medidas morfométricas correspondientes a la ulna se registraron considerando la longitud total y el ancho máximo de cada espécimen analizado, cuyos resultados se presentan a continuación (**Tabla 10**).

Tabla 10. Medidas de la Ulna.

Ulna	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífisis Proximal	Diáfisis	Epífisis distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal
	3.53	0.12	0.06	0.05	3.44	0.07	0.07	0.07

Se escogieron puntos anatómicos para tomar tanto largo como ancho.

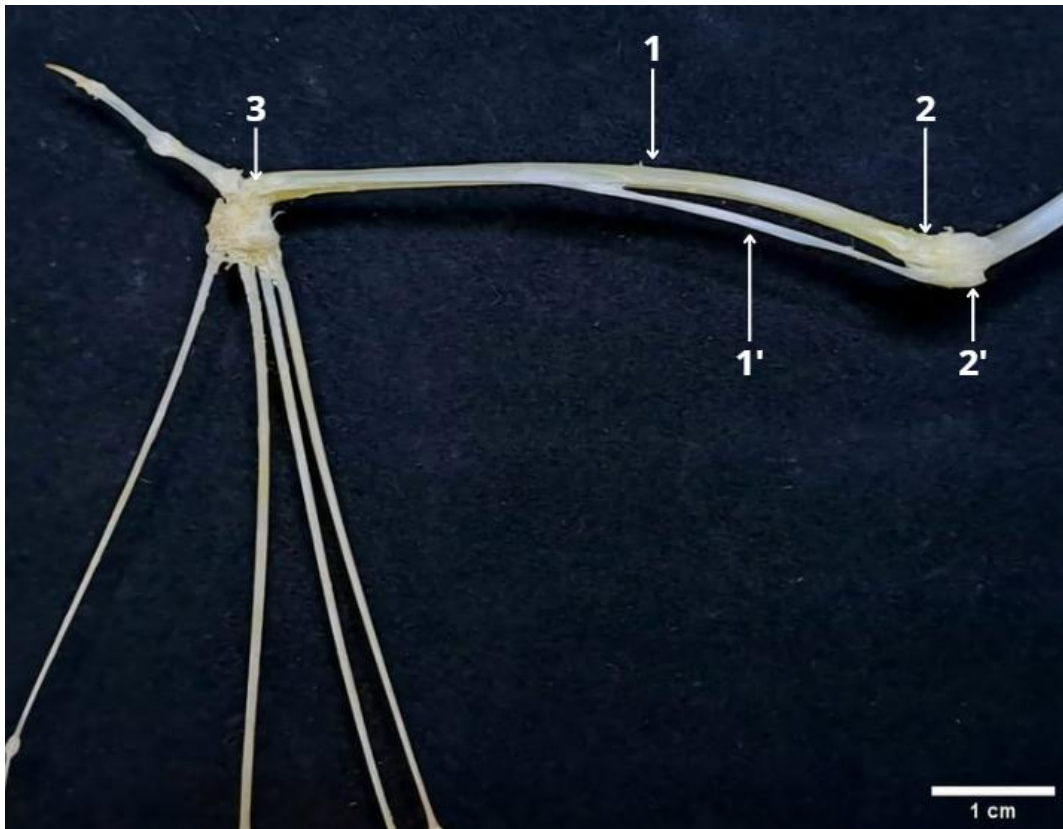


Figura 24. Radio: 1, Diáfisis; 2, Epíffis proximal; 3, Epíffis distal. Ulna: 1', Diáfisis; 2', Olécranon.

Carpos y Metacarpos

En las observaciones realizadas, fue posible identificar seis, de los ocho de estos huesos carpianos, los cuales fueron reconocidos con ayuda de una lupa, posteriormente dibujados y descritos.

Distalmente a los huesos carpianos se identificaron cinco metacarpianos, nombrados como Metacarpos I, II, III, IV y V de medial a lateral. Estos huesos se articulan proximalmente con los huesos del carpo, presentando las siguientes correspondencias (**Fig. 25**):

- El metacarpo I se articula con el carpo I [trapecio]
- El metacarpo II se articula con el trapecoide y el hueso magnum.
- El metacarpo III se articula con el magnum y el unciforme.
- El metacarpo IV se articula con el magnum y el cuneiforme.
- El metacarpo V se articula con el cuneiforme.

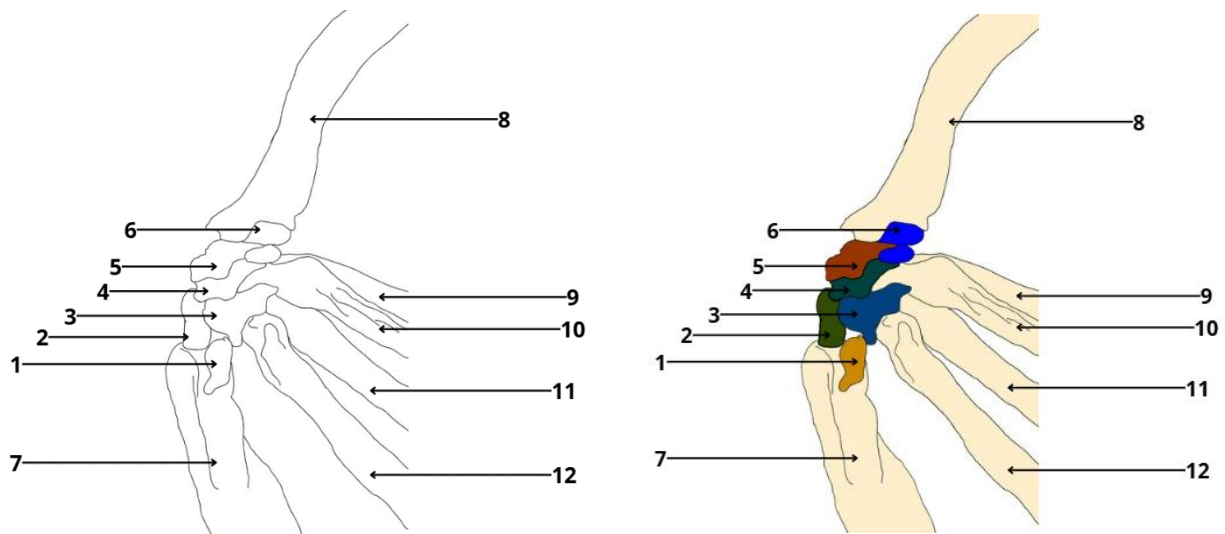


Figura 25. Esquema de los huesos del carpo: 1, Hueso carpo ulnar [cuneiforme]; 2, Hueso intermedio [escafocontrolunar]; 3, Unciforme; 4, Magnum; 5, Hueso del carpo I [hueso trapecio]; 6, Sesamoide; 7, Radio; 8, Metacarpo I; 9, Metacarpo II; 10, Metacarpo III; 11, Metacarpo IV; 12, Metacarpo V.

En la parte de las mediciones morfométricas, por el tamaño de los huesos, solo fue posible medir los metacarpos, dichas medidas se muestran en la siguiente tabla (**Tabla 11**). Las medidas de la longitud se hicieron de la base de los metacarpos hasta la cabeza y el ancho se midió en la base, cuerpo y cabeza de estos.

Tabla 11. Medidas de los Metacarpos.

Metacarpos	Medidas en (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Base	Cuerpo	Cabeza	Longitudinal	Base	Cuerpo	Cabeza
2	0.76	0.14	0.09	0.09	0.72	0.12	0.10	0.19
3	4.49	0.07	0.06	0.06	3.91	0.08	0.06	0.05
4	5.35	0.10	0.08	0.08	5.19	0.12	0.12	0.12
5	5.29	0.09	0.08	0.08	5.12	0.10	0.09	0.09
6	4.98	0.13	0.09	0.07	5.02	0.12	0.09	0.11

La numeración de los metacarpos se realizó en orden medial a lateral dándole a cada hueso un numero para poder identificarlos (Figura 26).

Falanges

La fórmula falangeal es 2-1-3-2-2. Con excepción del primero, todos los demás dedos carecen de garras. Cada uno de ellos presenta una morfología cilíndrica y de diferentes tamaños, en el dedo I o pulgar encontramos a la falange arqueada, siendo más ancha en su parte proximal y angosta en la distal. El dedo II presenta una falange proximal, siendo esta la más pequeña y

casi fusionada con el metacarpo. Las falanges proximales del resto de los dedos son casi similares. El dedo III presenta tres falanges, proximal, medial y distal, siendo la falange medial más grande que la proximal y distal. Por último, los dedos IV y V presentan únicamente dos falanges, la proximal y distal, los cuales llegan a ser muy similares (**Fig. 26**) (López González *et al.*, 2001 y Gaudioso, 2019).

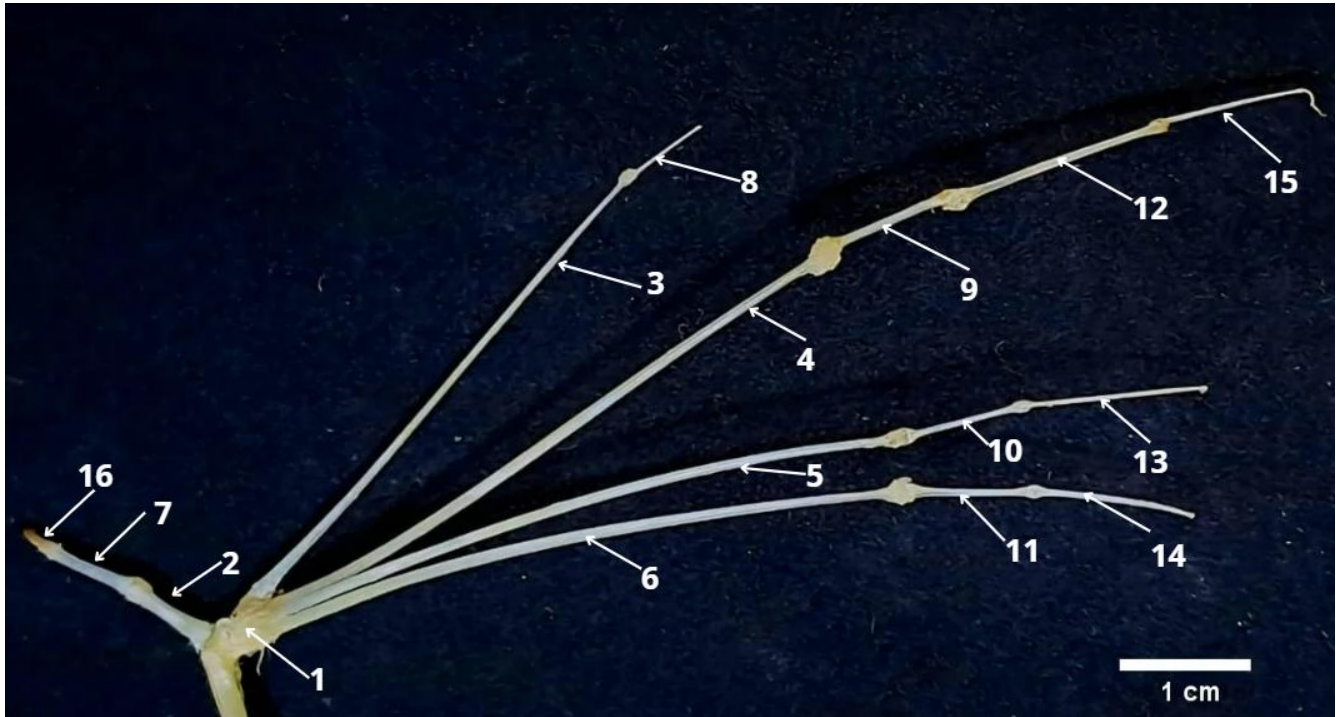


Figura 26. Huesos de los huesos del carpo. 1, Carpos; 2, Metacarpo I; 3, Metacarpo II; 4, Metacarpo III; 5, Metacarpo IV; 6, Metacarpo V. 7,8,9,10,11, Falange proximal; 12,13,14, Falange media; 15,16, Falange ungueal

Para la toma de medidas de los huesos del ala de ambos ejemplares de *Desmodus rotundus*, se consideraron los puntos anatómicos correspondientes a las apófisis base, cuerpo y cabeza. Las longitudes fueron registradas en cm, midiendo desde la base hasta la cabeza de cada hueso (**Tablas 12**).

Tabla 12. Tabla de medidas de los huesos del ala del primer espécimen

	Medias (cm)								
		Esqueleto 1				Esqueleto 2			
		Longitudinal	Base	Cuerpo	Cabeza	Longitudinal	Base	Cuerpo	Cabeza
Falanges	7	0.73	0.20	0.12	0.15	0.70	0.19	0.14	0.18
	8	0.68	0.05	0.03	0.03	0.88	0.04	0.04	0.05
	9	0.99	0.12	0.07	0.07	1.03	0.09	0.09	0.09
	10	0.91	0.14	0.06	0.06	0.83	0.06	0.05	0.08
	11	0.93	0.13	0.06	0.06	0.96	0.07	0.05	0.09
	12	1.67	0.10	0.06	0.07	1.69	0.07	0.07	0.08
	13	1.41	0.12	0.04	0.03	0.36	0.03	0.04	0.06
	14	1.40	0.05	0.04	0.05	1.24	0.03	0.05	0.09
	15	1.20	0.07	0.04	0.05	0.83	0.05	0.05	0.06
Garra	16	0.43	0.18	0.18	0.09	0.51	0.20	0.12	0.02

La numeración de las falanges se realizó en orden de medial a lateral siguiendo el orden de números con el de los metacarpos (Figura 26).

Miembro pelviano

Fémur

El fémur en *Desmodus rotundus*, es proporcionalmente muy robusto, con forma de canal y una diáfisis recta, ancha y ligeramente comprimida. En vista lateral, la parte proximal del fémur presenta una leve desviación hacia la región ventral. La cabeza femoral es esférica y se ubica por encima de los trocánteres, los cuales presenta una forma también esférica, son muy evidentes; el trocánter mayor se localiza tan próximo a la cabeza del fémur que parece fusionarse parcialmente con ella, mientras que la base del trocánter menor se encuentra claramente separada. En la epífisis distal se observan los epicóndilos lateral y medial, de tamaños similares y separados por una fosa intercondílea (**Fig. 27**). En la región de articulación entre fémur y la tibia se encuentra la patela, acompañada de dos pequeños huesos sesamoideos que, aunque no pudieron recuperarse durante el proceso de osteotecnica, es importante mencionarlos por formar parte del sistema esquelético del murciélago (Gaudioso, 2019).

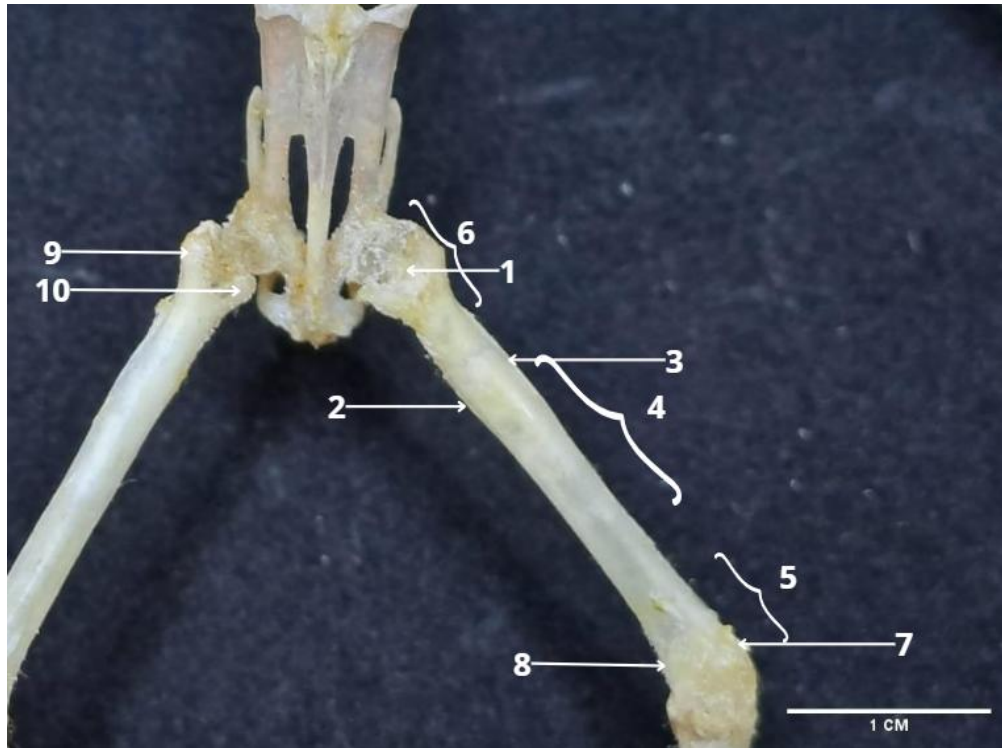


Figura 27. Fémur: 1, Cabeza del fémur; 2, Cresta medial; 3, Cresta lateral; 4, Diáfisis; 5, Epífisis distal; 6, Epífisis proximal; 7, Epicóndilo lateral; 8, Epicóndilo medial; 9, Trocánter mayor; 10, Trocánter menor.

Las mediciones obtenidas del fémur en los dos especímenes analizados se presentan a continuación (**Tabla 13**). El análisis de estos resultados evidencia que, en ambos casos, las epífisis proximal y distal presentan un mayor ancho en comparación con la diáfisis, lo que refleja una morfología característica del hueso femoral en los especímenes estudiados.

Tabla 13. Medidas de fémur.

Fémur	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal
	2.38	0.38	0.23	0.32	2.39	0.32	0.21	0.31

Las medidas de la longitud se tomaron de la epífisis proximal, más específico la cabeza del fémur, hasta la epífisis distal.

Tibia y fíbula

La tibia (**Fig. 28**) es un hueso delgado que presenta una ligera curvatura observable en una vista ventral. En el lado opuesto a la zona de la fusión con la fíbula se aprecia una pequeña cresta longitudinal que recorre gran parte del hueso. La epífisis proximal, que articula con el fémur, se encuentra notablemente expandida en comparación con la diáfisis (Gaudioso, 2019 y Gaudioso *et al.*, 2017).

Por su parte, la fíbula, es un hueso simple, aplanado y fusionado a lo largo de toda la tibia. Su epífisis proximal se encuentra muy reducida y presenta una porción cartilaginosa, mientras que la epífisis distal es simple y también reducida. La diáfisis es muy robusta y comprimida, constituyendo el soporte estructural del miembro posterior (**Fig. 28**) (Gaudioso, 2019 y López González *et al.*, 2001).

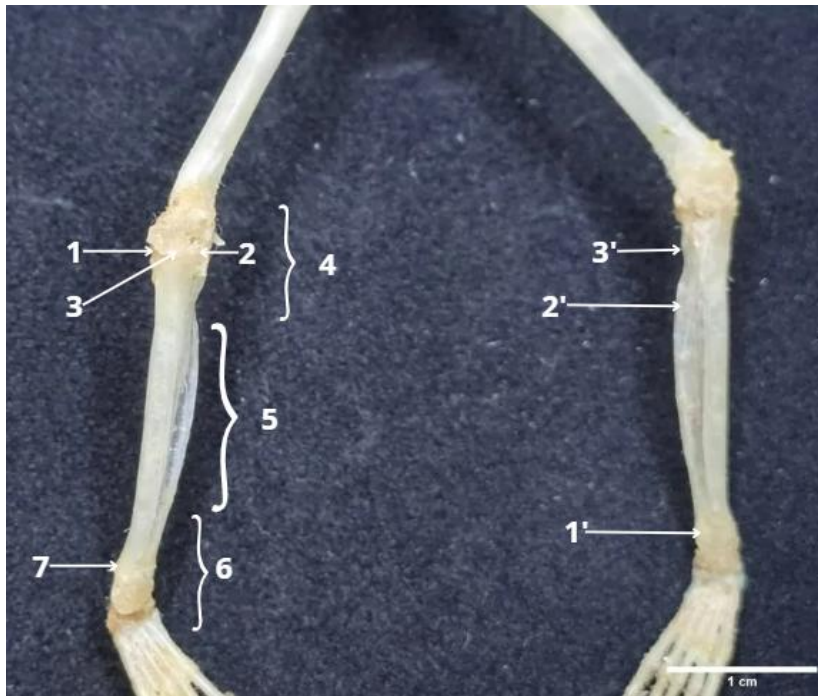


Figura 28. Tibia: 1, Cóndilo medial; 2, Cóndilo lateral; 3, Eminencia intercondiloidea; 4, Epífisis proximal; 5, Diáfisis; 6, Epífisis distal; 7, Maléolo medial. Fíbula: 1', Epífisis distal; 2', Diáfisis; 3', Epífisis proximal.

En la parte morfométrica se realizó la medición en conjunto por la fusión de estos dos huesos (**Tabla 14**). En este caso, se destaca la prominente elevación presente en la diáfisis de la fíbula, la cual ocasiona que esta región presente una mayor en comparación con sus epífisis.

Tabla 14. Medidas de la Tibia y Fíbula.

Tibia/ Fíbula	Medidas (cm)							
	Esqueleto 1				Esqueleto 2			
	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal	Longitudinal	Epífisis proximal	Diáfisis	Epífisis distal
	2.41	0.22	0.35	0.23	2.43	0.24	0.32	0.22

Se decidió tomar las medidas en conjunto de estos huesos, ya que se encuentran fusionados por lo que complicaba el delimitarlos uno de otro.

Tarsos

El tarso está conformado por un total de nueve huesos, llamados individualmente tarsos y organizados en dos hileras. En la hilera proximal se encuentra el calcáneo y el talus (astrágalo), los cuales establecen conexión directa con la tibia y la fíbula. En este mismo grupo se identifican el calcar, que junto con el calcáneo conforman la región del talón, el preallux y el hueso central del tarso (navicular) (Gaudioso, 2019 y Gaudioso *et al.*, 2020).

La hilera distal se localiza en la porción más caudal, articulando con los cinco metatarsianos. Los huesos que la componen son simples y de forma vagamente cúbica, dispuestos en una hilera poco definida. De ventral a caudal, se reconocen el hueso tarsal I (cuneiforme interno o medial), el hueso tarsal II (cuneiforme medio o intermedio), el hueso tarsal III (cuneiforme externo o lateral) y el hueso tarsal IV (cuboide). Este último es el de mayor tamaño dentro del grupo de los huesos tarsales de la fila distal, articulando distalmente con el calcáneo (**Fig. 29**) (Gaudioso *et al.*, 2020 y Gaudioso, 2019).

Metatarsos

Los metatarsos son nombrados como metatarsos I, II, III, IV y V; presentando una morfología cilíndrica, con una ligera curvatura en sentido dorsoventral y teniendo una longitud casi similar.

Su epífisis proximal es ensanchada en los metatarsos II, III y IV son más comprimidos proximalmente y se hallan en contacto unos con otros en el primer tercio de su longitud (López-González, 2001).

La morfometría de estos huesos solo se realizó de manera longitudinal (**Tabla 15**), de la base a la cabeza, mostrando un tamaño similar entre los 5 metatarsianos.

Tabla 15. Medidas de los Metatarsos

Metacarpos	Medidas en (cm)	
	Esqueleto 1	Esqueleto 2
	Longitudinal	Longitudinal
1	0.46	0.46
2	0.45	0.45
3	0.44	0.46
4	0.45	0.45
5	0.45	0.45

La numeración de los metatarsos se realizó en orden medial a lateral dándole a cada hueso un numero para poder identificarlos (Figura 30).

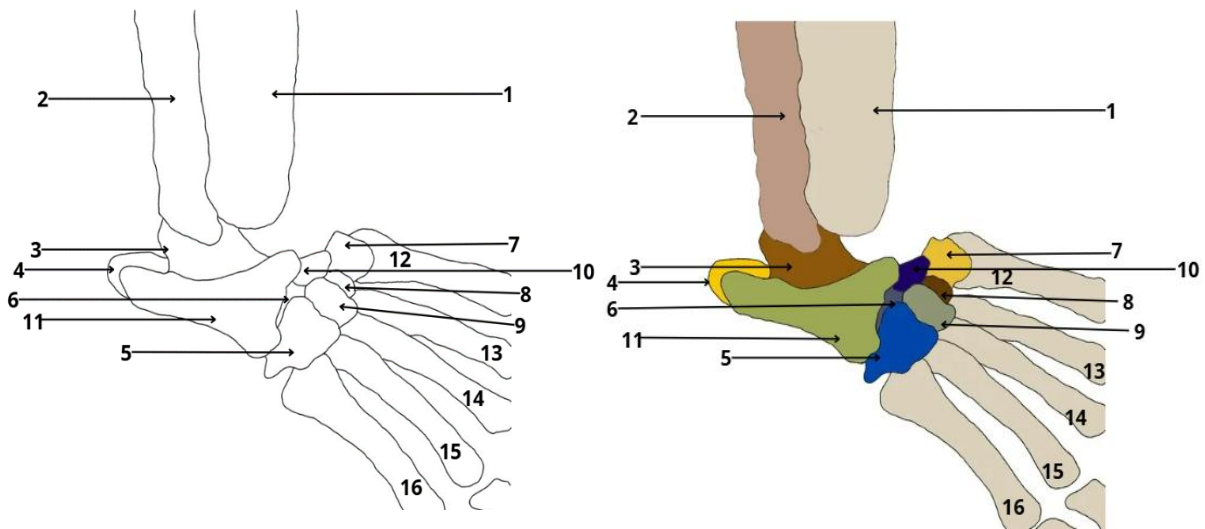


Figura 29. Huesos del tarso. 1, Tibia; 2, Fíbula 3, Talus [astrágalo]; 4, Calcáreo; 5, Hueso tarsal IV [cuboides]; 6, Hueso central del tarso [Hueso navicular]; 7, Hueso tarsal I [cuneiforme interno o medial]; 8, Hueso tarsal II [cuneiforme medio o intermedio]; 9, Hueso tarsal III [cuneiforme externo o huesos cuneiformes lateral]; 10, Preallux; 11, Calcáneo; 12, Metatarso I; 13, Metatarso II; 14, Metatarso III; 15, Metatarso IV; 16, Metatarso V.

Falanges

La fórmula de las falanges de medial a lateral es 2-3-3-3-3, el primer dedo solo cuenta con un falange proximal y ungueal (garra), mientras que los cuatro dedos restantes se observaron a la falange proximal, medial y ungueal (garra). Todas las falanges son proximalmente ensanchadas y poseen una superficie articular con dos cóndilos y al igual que los metatarsos estos presenta una morfología cilíndrica de casi igual tamaño (**Fig. 30**) (López-González, 2001).



Figura 30. Falanges. 1, Tibia; 2, Fíbula 3, Tarsos; 4, Metatarsos; 5, Falange proximal; 6, Falange media; 7, Falange ungueal.

Para tomar las medidas de cada uno de los huesos, se realizó en conjunto de todas las falanges, la falange proximal, medial y ungueal (garra), se decidió tomar la medida en conjunto ya que durante el proceso de osteotecnica se fusionaron estos últimos huesos, por el tamaño, haciendo difícil el delimitar cada uno de ellos (**Tabla 16**).

Tabla 16. Medidas de las falanges

Falanges	Medidas en (cm)	
	Esqueleto 1	Esqueleto 2
	Longitudinal	Longitudinal
1	0.97	0.77
2	0.99	0.79
3	1.01	0.79
4	1.00	0.80
5	0.97	0.80

La medida de las falanges se hizo en conjunto y se enumeró de medial a lateral (Figura 30).

Esqueleto completo de *Desmodus rotundus*

El esqueleto de *Desmodus rotundus* (**Fig. 32 - 33**), muestra una representación anatómica detallada del sistema óseo de este murciélago hematófago. El esquema permite observar la disposición y morfología de los principales elementos esqueléticos, incluyendo el cráneo, las vértebras, los miembros torácicos adaptados para el vuelo (con húmero, radio, ulna y huesos del carpo), así como los miembros pelvianos (con fémur, tibia, fíbula, patela y huesos del tarso). Esta ilustración resulta especialmente útil para estudios comparativos en anatomía vertebrada, al evidenciar las adaptaciones estructurales que permiten el desplazamiento aéreo y la locomoción terrestre en esta especie (**Fig. 31**).

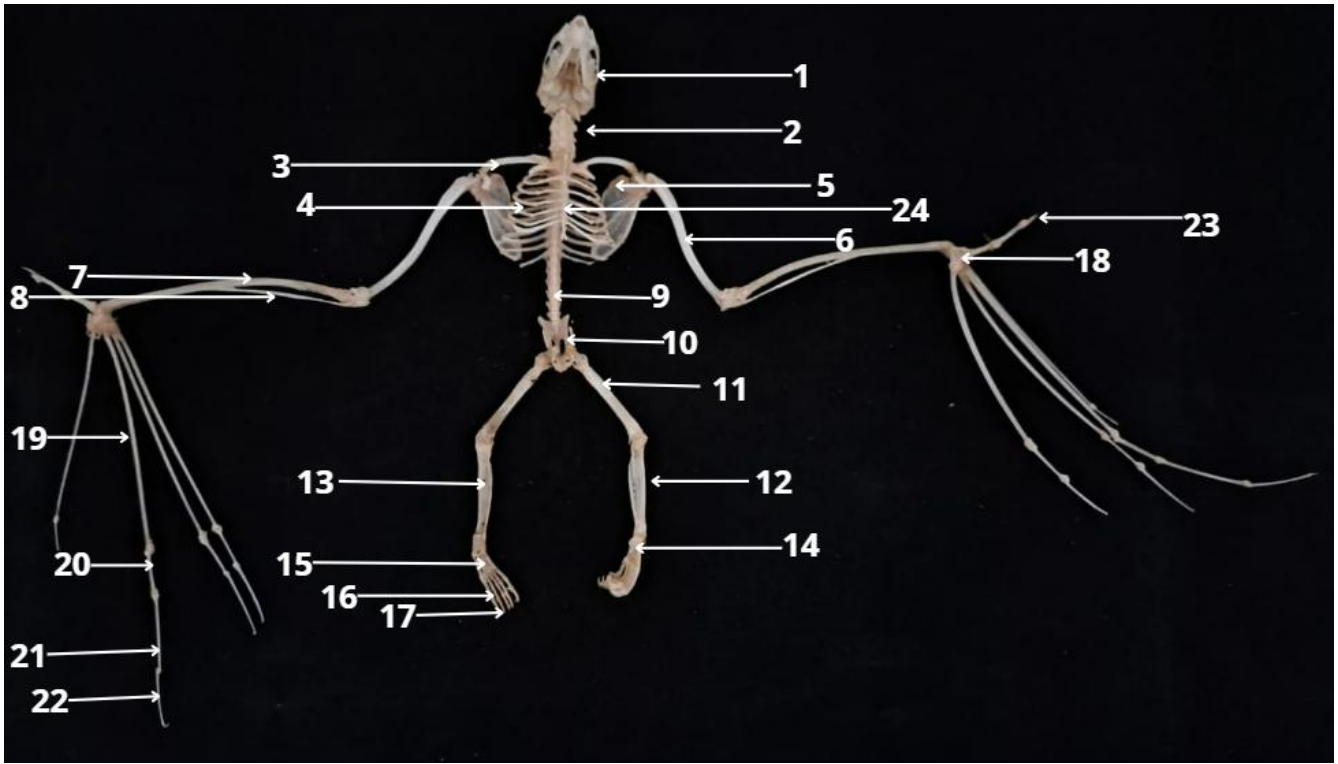


Figura 31. Esqueleto completo de *Desmodus rotundus* en una vista ventral. 1, Cráneo; 2, Vértebras cervicales 3, Clavicula; 4, Costillas; 5, Escapula; 6, Húmero; 7, Radio; 8, Ulna; 9, Vértebras lumbares; 10, Pelvis; 11, Húmero; 12, Tibia; 13, Fíbula; 14, Tarsos; 15, Falanges proximales; 16, Falanges medial; 17, Falanges distales; 18, Carpos; 19, Metacarpos; 20, Falange proximal; 21, Falange medial; 22, Falange distal; 23, Garra; 24, Esternón.

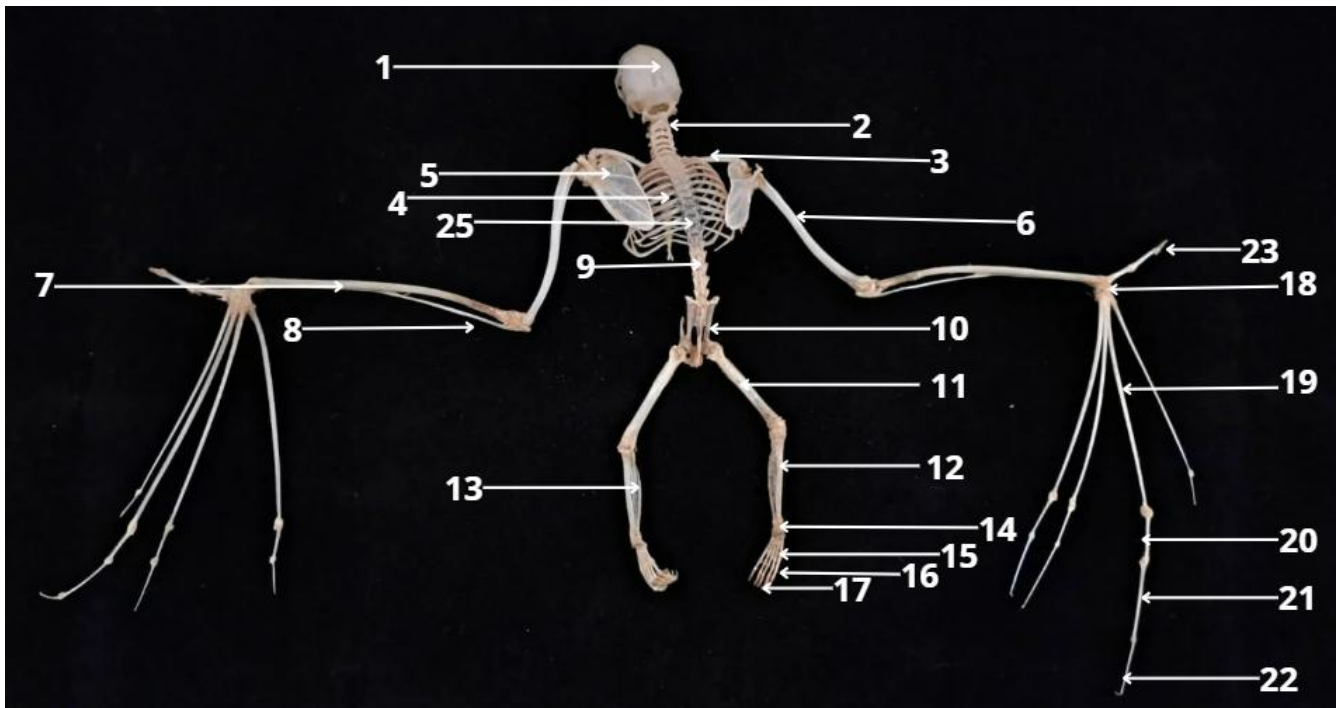


Figura 32. Esqueleto completo de *Desmodus rotundus* en una vista dorsal. 1, Cráneo; 2, Vértebras cervicales 3, Clavicula; 4, Costillas; 5, Escapula; 6, Húmero; 7, Radio; 8, Ulna; 9, Vértebras lumbares; 10, Pelvis; 11, Húmero; 12, Tibia; 13, Fíbula; 14, Tarsos; 15, Falanges proximales; 16, Falanges medial; 17, Falanges distales; 18, Carpos; 19, Metacarpos; 20, Falange proximal; 21, Falange medial; 22, Falange distal; 23, Garra; 25, Vertebrae torácicas.

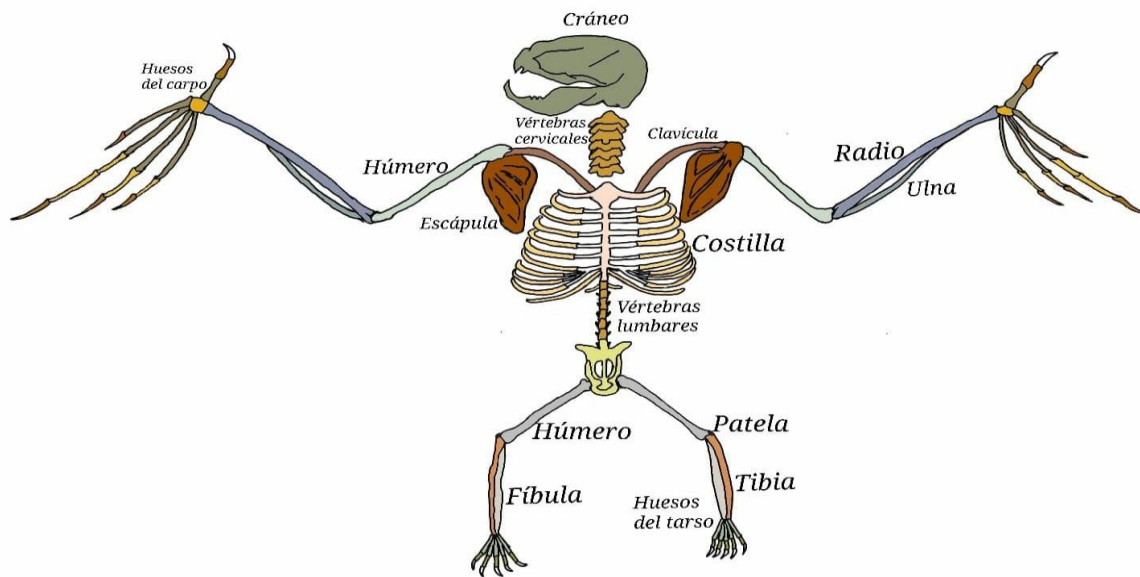


Figura 33. Esquema representando el esqueleto de *Desmodus rotundus*.

Discusión

Esta investigación nos brinda una mayor perspectiva de la conformación estructural del esqueleto del murciélago hematófago *Desmodus rotundus*, también llamado vampiro común, no solo en la parte descriptiva, ahora en la parte morfométrica, dando un aporte más a la descripción del esqueleto.

Dicho esqueleto se describió dividiendo en esqueleto axial y apendicular, Gaudioso *et al.* (2017 y 2019) ya han descrito con anterioridad a este murciélago, sin embargo, el cráneo ha sido un elemento poco descrito en sus publicaciones, por lo que en este trabajo se identificó y describió nuevamente el esqueleto del murciélago agregando la identificación y descripción del cráneo. La morfometría craneal y axial aporta datos relevantes para la identificación taxonómica y comparaciones con otras especies de murciélagos.

La descripción del cráneo se realizó tomando como referencia publicaciones sobre otros mamíferos, como el estudio del cráneo de gato elaborado por Saldivia Paredes *et al.* (2020), lo cual permitió establecer comparaciones y reconocer diferencias relevantes. Entre ellas destaca la ausencia de la cresta sagital en *Desmodus rotundus*, estructura que en perros y gatos se encuentra presente, aunque en estos últimos menos prominente. Asimismo, se observó que los procesos yugulares, de forma ovoide en gatos, presentan en el murciélago una morfología triangular. El cráneo también exhibe una bulla timpánica bien desarrollada y un vómer adaptado, rasgos que evidencian la importancia de la ecolocación y del refinamiento sensorial en esta especie. Finalmente, la morfología del hueso frontal y nasal, con superficies en forma de doble “U”, constituye un carácter distintivo que puede emplearse como marcador taxonómico (Corrêa Scheffer, 2022; Reyes Amaya, 2012).

Se describen con mayor detalle los grupos de vértebras que conforman la columna vertebral. El recuento total corresponde a 7 vértebras cervicales, 12 torácicas, 6 lumbares y sacras, de las cuales únicamente se identificó la primera vértebra sacra (S1). La ausencia de vértebras caudales confirma la pérdida de la cola en esta especie, una característica que reduce peso y favorece la maniobrabilidad en vuelo. La identificación del atlas y axis con rasgos prominentes resalta la movilidad cervical, crucial para la orientación durante la alimentación. En la zona de las costillas se encontraron 12 pares, siendo estas 7 costillas esternales, 3 pares de costillas asternales y las 2 flotantes. Esta información coincide y se confirma con lo señalado por Gaudioso (2019).

Gaudioso *et al.* (2017) mencionan siete esternones que conforman al esternón, las cuales se observaron en el ejemplar. Además, se identificaron cada una de las estructuras que lo conforman; manubrio, cuerpo o mesoesternón y la apófisis xifoides.

Los huesos del esqueleto apendicular fueron comparados con lo descrito por Gaudioso (2019), sin encontrarse variaciones significativas respecto a sus observaciones. El miembro torácico evidencia adaptaciones específicas al vuelo, destacando la elongación del radio y de los metacarpos, lo que confirma la especialización de los murciélagos hematófagos en la sustentación aérea. Asimismo, la reducción de la ulna y del complejo tibia fíbula refleja un patrón de aligeramiento óseo que optimiza la relación entre peso y fuerza, favoreciendo la

eficiencia durante el vuelo. Dicho autor caracteriza a la fíbula como un hueso robusto, comprimido, surcado y crestado; al contrastar estas descripciones con lo observado en el presente estudio, puede afirmarse que resultan en gran medida correctas, aunque aquí se constató que la fíbula se encuentra fusionada con la tibia. Asimismo, los surcos profundos en ambas diáfisis presentes tanto en la tibia como en la fíbula coinciden con lo señalado por Reyes-Amaya *et al.* (2017), esto amplía la superficie de inserción muscular, favoreciendo el avance y la propulsión durante el vuelo. A diferencia de la mayoría de los murciélagos, que muestran un adelgazamiento del complejo tibia fíbula asociado al vuelo, pero limitante para la locomoción terrestre, esta especie conserva estructuras más sólidas que le otorgan ventajas en su desplazamiento sobre el suelo.

Romero-Almaraz *et al.* (2006) señalan que estos murciélagos se desplazan empleando sus cuatro miembros tanto en superficies horizontales como verticales y que pueden iniciar el vuelo desde el suelo mediante impulsos y saltos amplios. Estas capacidades se sustentan en características anatómicas específicas de las articulaciones del tarso, donde el proceso dorsal del calcáneo, proyectado lateralmente y unido al *talus*, otorga mayor estabilidad a los miembros pelvianos durante la locomoción terrestre. A ello se suma el desarrollo del quinto metacarpo y de sus falanges correspondientes, lo que refuerza la eficiencia del desplazamiento. En conjunto, estas particularidades convierten a la especie en un caminante ágil y coinciden con lo descrito por Reyes-Amaya *et al.* (2017), quienes también destacan la estabilidad adicional que dichos rasgos confieren a los miembros pelvianos.

El estudio morfométrico y descriptivo del esqueleto de *Desmodus rotundus* revela adaptaciones osteológicas que sustentan su especialización en el vuelo y la hematofagia. La elongación del radio y los metacarpos, junto con la reducción de la ulna y de los huesos del miembro pelviano, optimizan la aerodinámica; mientras que el cráneo compacto, con bullas timpánicas desarrolladas y estructuras nasales distintivas, evidencian la relevancia de la ecolocación y del refinamiento sensorial. Asimismo, la ausencia de vértebras caudales y la morfología pélvica con dimorfismo sexual destacan particularidades evolutivas que diferencian a esta especie dentro de los filostómidos.

Conclusiones

El análisis morfométrico y descriptivo del esqueleto de *Desmodus rotundus* aporta evidencia sólida sobre las adaptaciones osteológicas que sustentan su especialización en el vuelo y la hematofagia. En el caso de los dos ejemplares analizados también podemos concluir que el primer espécimen se trataba de un ejemplar más juvenil que el segundo, ya que presentaba huesos más grandes y anchos, siendo este un dato importante en la comparación de estos dos ejemplares machos.

La identificación detallada del cráneo, junto con la caracterización del esqueleto axial y apendicular, permite reconocer rasgos distintivos, como la ausencia de cresta sagital, la morfología triangular de los procesos yugulares, la fusión de la tibia y la fíbula, la ausencia de vértebras caudales, que constituyen marcadores taxonómicos relevantes y diferencian a esta especie dentro de los filostómidos. Estas particularidades reflejan un equilibrio funcional entre la eficiencia aerodinámica y la locomoción terrestre, evidenciado en la elongación de los metacarpos y radio, la robustez de las extremidades pelvianas y la estabilidad articular del tarso.

Asimismo, la presencia de bullas timpánicas desarrolladas y estructuras nasales especializadas confirma la importancia de la ecolocación y del refinamiento sensorial en su ecología.

Estos hallazgos no solo enriquecen la descripción anatómica de la especie, sino que también aportan herramientas aplicables en ámbitos taxonómicos y epidemiológicos, al facilitar la identificación morfológica en programas de vigilancia y control poblacional. En este sentido, las características osteológicas adquieren un valor práctico en salud pública y veterinaria: dado que *Desmodus rotundus* actúa como vector de rabia y otras zoonosis, su caracterización detallada constituye una base científica para diseñar estrategias de control poblacional y reconocer rasgos morfológicos útiles en la vigilancia epidemiológica.

Referencias

1. Alamy. (4 de julio de 2016). Desmodus rotundus [Ficha de fotografía de stock]. Alamy. Recuperado de <https://www.alamy.com/stock-photo/desmodus-rotundus.html?sortBy=relevant>
2. Álvarez Sillerico, D. S., Luna Titirico, A. C., & Mollericoná Alfaro, M. D. (2023, diciembre). Murciélagos hematófagos: Formas de control y análisis de los problemas que causan en países latinoamericanos. *Revista Estudiantil Agro-Vet*, 7(2), 16–26. https://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2523%2020372023000200002&script=sci_arttext&tlng=es
3. Bordes, J. L. N., Tovar, C. G. G., Molinero, M. R. P. (2014). Técnicas para preservar piezas anatómicas. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
4. Corrêa Scheffer K., Fernandes de Barros R., Iamamoto K., Mori E., Miyuki Asano K., M. Achkar S., Estevez García A. I., Yoshitaka de Oliveira Lima J. y de Oliveira Fahl W. (2015). *Diphylla ecaudata* y *Diaemus youngi*, *Biología y comportamiento*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372015000300009
5. Corrêa Scheffer K., Fernández de Barros R., Iamamoto K., Mori E., Miyuki Asano K., Yoshitaka de Oliveira Lima J., Estevez García A. I., dos Santos Cunha Neto R., de Oliveira Fahl W. (2022). *Desmodus rotundus* – *biología y comportamiento*. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220308371.pdf>
6. Flores, R. (2003). LA RABIA, LOS MURCIÉLAGOS Y EL CONTROL DE HEMATOFAGOS. *Investigación pecuaria SARH*. <https://fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c2.pdf>
7. Gaudioso, P. J. (2019). Morfología y morfometría del esqueleto postcraneal de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de Argentina. *Publicaciones Especiales*, (2), 302.
8. Gaudioso, P. J., Díaz, M. M., y Barquez, R. M. (2017). Morfología del esqueleto axial de siete géneros de murciélagos (Chiroptera: Phyllostomidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89 (3 supl.), 2341–2358.
9. Gaudioso, P. J., Barquez, R. M., & Díaz, M. M. (2020). *Esqueleto postcraneal de Chiroptera: Atlas para la identificación de las partes* (Publicaciones Especiales No. 3). Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina https://www.researchgate.net/publication/340285725_Esqueleto_Postcraneal_de_Chiroptera_Atlas_para_la_Identificacion_de_las_Part.
10. Gomez Chavez, S. (febrero 2014). Rabia paralítica bovina y control de murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*). <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/7139/SAMUEL%20GOMEZ%20CHAVEZ.pdf?sequence=1>
11. Hernández Huerta, A. (2015). Murciélagos sombras voladoras nocturnas. https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_paradocencia/Murcielagos.pdf
12. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria* (6th ed.). World Association of Veterinary Anatomists.
13. López-González, C., Polaco, O. J. (2001). *Descripción y variación del esqueleto postcraneal de *Glossophaga morenoi* Martínez y Villa-R., 1938 (Chiroptera: Phyllostomidae)*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372001000200001.

14. Nieto Bordes, J. L., García Tovar, C. G., Pichardo Molinero, M. R., Reyes Sánchez, A. L., & Soto Zárate, C. I. (2023, 11 de mayo). *Técnicas para preservar piezas anatómicas*. Universidad Autónoma de México.
15. Ocampo-González, P., Espinoza-Medinilla, E. E., Rioja-Paradela, T. M., López-Wilchis, R. (23 de junio de 2023). *Diphylla ecaudata* (Chiroptera: Phyllostomidae). <https://academic.oup.com/mspecies/article/55/1028/sead003/7205928>
16. Olave Leyva, J. (2024). Eco-epidemiología molecular y distribución del virus de la rabia asociado a poblaciones de murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) ... [Trabajo de doctorado, Universidad Autónoma de Tamaulipas].
17. Osorio-Rodríguez, A. N., & Saldaña-Vázquez, R. A. (2018, agosto). Control poblacional del murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) en México... https://www.researchgate.net/publication/327020949_Control_poblacional_del_murcielago_vampiro_Desmodus_rotundus_en_Mexico_Que_tan_efectiva_es_para_reducir_los_casos_de_rabia_bovina
18. Pérez-Trejos, L. E., Osorio-Toro, S., Salazar del Valle, L. (2021, 11 de diciembre). Osteotecnia como estrategia de aprendizaje de anatomía de cráneo... *Revista Boletín Redipe*, 10(11).
19. Pérez-Trejos, L. E., Osorio-Toro, S., Salazar-Monzalve, L. (2021). Osteotecnia como estrategia de aprendizaje de anatomía de cráneo... *Revista Boletín Redipe*, 10(11).
20. Reyes-Amaya, N., Jerez, A., & Flores, D. (2017). Morphology and postnatal development of lower hindlimbs in *Desmodus rotundus* (Chiroptera: Phyllostomidae): A comparative study. *The Anatomical Record*, 304(12), 2700–2715. <https://doi.org/10.1002/ar.23646>
21. Reyes Amaya, N. R. (2012). *Cranial ontogeny of the common vampire bat Desmodus rotundus (Chiroptera: Phyllostomidae): postnatal development* [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. Universidad Industrial de Santander.
22. Rivera-Villanueva, N., & Dalaf-López, S. (2023). *Refugios artificiales para murciélagos en Nuevo León como una acción de conservación*. *Revista CienciaUANL*. <https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/330/332>
23. Rodríguez Palomo, D., Ramírez Zamora, J. (2009). Técnica de conservación de huesos en peróxido de hidrógeno. *Medicina Legal de Costa Rica*, 26(2).
24. Rodríguez-Moreno, A., Sánchez-Cordero, V., y García-Luis, M. (2025). El vampiro común (*Desmodus rotundus*): un murciélago con mala reputación. *Biología y Sociedad*, 8(15), 4–10.
25. Romero-Almaraz, M. L., Aguilar-Setién, A., y Sánchez-Hernández. (enero 2006). Murciélagos benéficos y vampíricos. AGT EDITOR, S.A.
26. Saldivia Paredes, M., Delgado Gutiérrez, M., Droppelmann Delgado, A., Ballesteros, M., Reyes, M., & Sandoval, V. (2020). Descripción anatómica del cráneo del gato. *Revista de Medicina Veterinaria*, (40), 17–34.
27. Scrocchi, G. J., Szumik, C. (noviembre 2018). *Desmodus rotundus*. <https://www.lillo.org.ar/revis/universo-tucumano/2018/2018-ut-v17.pdf>
28. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2025, enero 31). Situación actual de la rabia en bovinos y especies ganaderas. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-de-la-rabia-en-bovinos-y-especies-ganaderas>
29. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2007). NOM-067-ZOO-2007.

- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203508/Modificaci_ndeNOM-067-ZOO-2007_15julio14.pdf
30. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Secretaría de Salud. (2002). *NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002: Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo* (Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* 17 de febrero de 2003). https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/5109/salud3a11_C/salud3a11_C.htm
 31. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2015). NOM-033-SAG/ZOO-2014. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex148241.pdf>
 32. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2001). NOM-059-ECOL-2001. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/NOM-059-ECOL-2001.pdf>
 33. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Secretaría de Salud (COFEPRIS). (2003, 17 de febrero). NOM-087-ECOL-SSA1-2002. *Diario Oficial de la Federación*.
 34. Sélem-Salas, C. I., Muñoz-Alamilla, C., Cetina-Carrillo, D. A., & Pirod-Alayola, J. A. (2022). Diversidad morfológica y alimentaria en murciélagos neotropicales. *Bioagrocencias*. https://www.researchgate.net/profile/Juan-Antonio-Pirod-Alayola/publication/366081734_Diversidad_morfologica_y_alimentaria_en_murcielagos_neotropicales/links/640bd3b7315dfb4cce6f1105/Diversidad-morfologica-y-alimentaria-en-murcielagos-neotropicales.pdf.
 35. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2020). Plan de Acción Nacional. https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2020/octubre/PANRabiapara%C3%ADticabovina13-03-20_c7ad731b-d519-405a-9555-dd130f755ee4.pdf
 36. Ser Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2020). Plan de emergencia para la rabia paralítica bovina. https://dj.senas.gob.mx/Contenido/archivos/202/oct/PANRabiapar%C3%ADtic-03-20_c7ad731b-d-405-955-dd130f.pdf
 37. Sil-Berra, L. M., Aguilar-López, M., Márquez-Medero, M. A. y Cervantes-Cruz, J. M. (2022). DE MÉXICO PARA EL MUNDO... LOS MURCIÉLAGOS ENDÉMICOS. *Therya ixmana*.