



**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA  
CARRERA MEDICINA VETERINARIA  
SEDE SANTIAGO**

**ATLAS ANATÓMICO PRELIMINAR DEL CÓNDOR ANDINO (*VULTUR GRYPHUS*):  
OSTEOLOGÍA DEL MIEMBRO TORÁCICO (ALA)**

Proyecto de Memoria para optar al título de Médico Veterinario.

**Profesor Patrocinante:** Dra. Claudia Pamela Yefi Rubio MV. PhD

**Estudiante:** Constanza Ignacia Lillo Alegría.

Santiago, Chile

2025

**© Constanza Ignacia Lillo Alegría y Claudia Pamela Yefi Rubio**

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra en cualquier forma, medio o procedimiento sin permiso por escrito del o los autores.

Santiago, Chile

2025



### HOJA DE CALIFICACIÓN MEMORIA DE TÍTULO

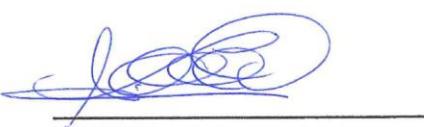
En Santiago de Chile, el 15 de Julio, del año 2025, los abajo firmantes, dejan constancia que el (la) estudiante Contanza Lillo Alegría de la carrera o programa de Medicina Veterinaria, ha aprobado la tesis para optar al título o grado académico de Medico(a) Veterinario(a) con una nota de 64.

  
\_\_\_\_\_  
Profesor evaluador

Claudia Yefi Rubio

  
\_\_\_\_\_  
Profesor evaluador

Cintya Borroni González

  
\_\_\_\_\_  
Profesor evaluador

Abdalla Zegpi Trueba

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a:

**Mis padres:** Por entregarme cada día su amor y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Gracias por recordarme que siempre soy capaz de alcanzar todo lo que me proponga, incluso cuando el camino se vuelve difícil.

**Mi pololo:** Por ser mi pilar fundamental durante todo este proceso. Este logro también te pertenece. Gracias por estar a mi lado, por acompañarme con paciencia y amor, por ofrecerme siempre una palabra de aliento en mis días más difíciles.

**A todas las personas que, con dedicación silenciosa y esfuerzo constante, se entregan a la protección y conservación de la fauna silvestre.** En especial, a quienes luchan por la supervivencia del Cóndor andino. Gracias por alzar sus propias alas cuando las de ellos están heridas; por devolverlo al viento, a la montaña y al equilibrio natural que nos recuerda que cada vida silvestre preservada es también una esperanza para la nuestra.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco sinceramente a mi profesora guía, Claudia Yefi, por acogerme y brindarme la valiosa oportunidad de trabajar en el Museo Nacional de Historia Natural con una especie tan emblemática como el Cóndor andino. Gracias por su apoyo constante, su orientación y compromiso a lo largo de todo este proceso.

Finalmente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a cada integrante del equipo de taxidermia del Museo Nacional de Historia Natural: Diego Jara, Enrique Valdés, Camila Asencio, Pamela Asencio y Tahia Muñoz. Gracias por enseñarme con generosidad, por acompañarme con paciencia y por brindarme su apoyo durante todo este proceso. Este trabajo no habría sido posible sin ustedes. Gracias por hacerme sentir parte del equipo, por las risas compartidas y por cada uno de los momentos que hicieron de esta experiencia algo inolvidable.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAL Y MÉTODO .....	8
4. RESULTADOS .....	16
5. DISCUSIÓN .....	22
6. CONCLUSIÓN .....	24
7. REFERENCIAS.....	25

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.....	2
Figura 2.....	3
Figura 3.....	6
Figura 4.....	8
Figura 5.....	9
Figura 6.....	11
Figura 7.....	13
Figura 8.....	17
Figura 9.....	17
Figura 10.....	19
Figura 11.....	19
Figura 12.....	21
Figura 13.....	21

## RESUMEN

El Cóndor andino (*Vultur gryphus*) es una de las aves más emblemáticas de Sudamérica, con un importante rol ecológico, simbólico y cultural. Sin embargo, su estado de conservación resulta preocupante: a nivel mundial está clasificado como especie Vulnerable (VU) y, en Chile, como Casi Amenazada (NT) debido a múltiples amenazas que han provocado una notable disminución de su población.

A este complejo escenario se suma la escasa disponibilidad de información científica detallada sobre su anatomía, especialmente en lo que respecta a su estructura osteológica. Esta falta de conocimiento dificulta tanto el abordaje clínico adecuado como la posibilidad de llevar a cabo procesos de rehabilitación efectivos, lo que, a su vez, compromete los esfuerzos de conservación. En respuesta a esta brecha, el presente proyecto tuvo como objetivo la elaboración de un atlas anatómico de la osteología del miembro torácico (ala) del Cóndor andino.

Para ello, se trabajó con un espécimen resguardado en el Museo Nacional de Historia Natural, aplicando técnicas de osteotecnia, un método que permitió preparar, conservar y estudiar el material óseo. Este proceso fue complementado con el respaldo de bibliografía especializada en anatomía aviar, priorizando libros y artículos científicos detallados, actualizados y ampliamente reconocidos en el ámbito de la anatomía veterinaria.

Como resultado, se logró desarrollar un atlas anatómico centrado en las estructuras óseas del miembro torácico (ala) del Cóndor andino, el cual incorpora material visual de calidad, imágenes rotuladas y breves descripciones que facilitan su comprensión.

Este recurso representa un aporte significativo al estudio anatómico de la especie, con proyección de uso en ámbitos investigativos, educativos y de conservación.

**Palabras claves:** Cóndor andino, *Vultur gryphus*, atlas anatómico, osteotecnia, anatomía aviar, miembro torácico (ala).

## ABSTRACT

The Andean condor (*Vultur gryphus*) is one of the most emblematic birds of South America, with an important ecological, symbolic and cultural role. However, its conservation status is concerning: Globally, it is classified as vulnerable species (VU) and, in Chile, as Near Threatened (NT) due to multiple threats that have led to a marked decline in its populations.

Adding to this complex scenario is the limited availability of detailed scientific information about its anatomy, particularly regarding its osteological structure. This lack of knowledge hinders both appropriate clinical approaches and the possibility of carrying out effective rehabilitation processes, which in turn compromises conservation efforts. In response to this gap, the present project aimed to develop pan anatomical atlas focused on the osteology of the thoracic limb (wing) of the Andean condor.

To achieve this, work was carried out using a specimen housed at the National Museum of Natural History, applying osteotechnical techniques, a method that allowed the preparation, preservation, and study of skeletal material. This process was complemented with the support of specialized avian anatomical literature, prioritizing detailed, up-to-date, and widely recognized books and scientific articles in the field of veterinary anatomy.

As a result, an anatomical atlas was developed focusing on the bony structures of the thoracic limb (wing) of the Andean condor, incorporating high-quality visual material, labeled images, and brief descriptions to aid in comprehension. This resource represents a significant contribution to the anatomical study of the species, with potential applications in research, education, and conservation contexts.

**Keywords:** Andean condor, *Vultur gryphus*, anatomical atlas, osteotechnique, avian anatomy, thoracic limb (wing).

## 1. INTRODUCCIÓN

El Cónedor andino (*Vultur gryphus*) fue descrito por primera vez en el año 1758 por Carlos Linneo en su obra *Systema Naturae*, donde lo clasificó dentro del género *Vultur* (Linnaeus, 1758).

Esta majestuosa ave pertenece al orden Cathartiformes, el cual se compone de dos familias: Teratornithidae que actualmente se encuentra extinta y la familia Cathartidae que agrupa a los buitres del nuevo mundo (Iriarte et al., 2019).

La familia Teratornithidae agrupaba al menos siete especies de seis géneros: Teratornis, Aiolornis, Cathartornis, Argentavis, Oscaravis y Taubatornis. Los teratonítidos aparentemente eran activos cazadores, consumiendo carroña de manera oportunista. Su extinción en el pleistoceno tardío coincidió con el declive de la megafauna mamífera terrestre, mientras que los catártidos al consumir principalmente cadáveres de fauna marina pudieron sobrevivir (Iriarte et al., 2019, p.115).

La familia Cathartidae está conformada por siete especies distribuidas en cinco géneros, organizados en dos linajes principales. Uno agrupa a los géneros Cathartes (C. burrovianus, C. melambrotus y C. aura) y Coragyps (C. atratus), mientras que el otro incluye a Sarcoramphus (S. papa), Gymnogyps (G.californianus) y Vultur (V. gryphus) (Iriarte et al., 2019).

En Chile podemos encontrar tres especies de la familia Cathartidae, cada una perteneciente a un género distinto: Vultur, Coragypus y Cathartes (Iriarte et al., 2019, p. 115).

El Cónedor andino se distribuye a través de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el extremo sur de Chile en el Cabo de hornos (Fjeldsa & Krabbe, 1990; Ferguson-Lees & Christie 2001, citado en Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2019, p.2).

**Figura 1.** Rango de Distribución Histórico Revisado del Cóndor Andino.



Wallace et al., 2020.

Además de su amplia distribución, esta especie se destaca por su imponente tamaño y su extraordinaria capacidad de vuelo. Se han encontrado especies de hasta 3,05 metros de envergadura, con un peso de 11 a 15 kg en los machos y 7,5 a 11 kg en las hembras (Ferguson-Lees y Christie, 2001). Son aves majestuosas, cuyos cuerpos son ejemplos de eficiencia aerodinámica ya que, dominan el arte de volar utilizando el menor esfuerzo. Sus alas al ser ampliar y grandes en comparación con su cuerpo les permiten utilizar el viento a su favor y planear por mucho tiempo y por largas distancias (Mundy et al., 1992; Ogada et al., 2012; Rebman, 2012, citado en Ospina et al., 2021, p.4).

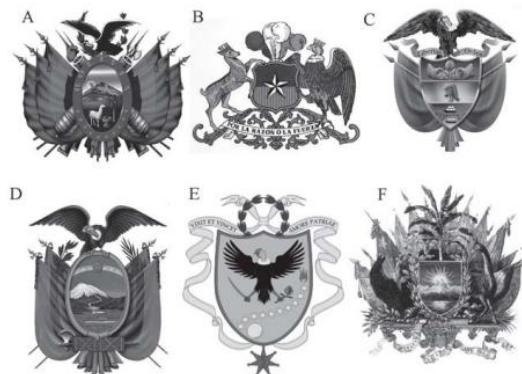
*Vultur gryphus* se ha identificado como una especie biocultural clave del paisaje sudamericano, ya que cumple un rol fundamental tanto en los ecosistemas como en la cultura de los pueblos andinos. Desde el punto de vista ecológico, el Cóndor actúa como carroñero, siendo esencial para el equilibrio de los ecosistemas al eliminar cadáveres y colaborar con la prevención de su descomposición y enfermedades. Su desaparición provocaría una desorganización de las tramas tróficas andinas y una pérdida significativa de biodiversidad (Ibarra et, al., 2012).

Sin embargo, la importancia del Cóndor andino trasciende lo ecológico. Esta increíble ave también ha sido profundamente honrada por numerosos pueblos originarios, convirtiéndose en un símbolo cargado de significados culturales y espirituales. Por ejemplo, para la cultura mapuche, el Cóndor o Mañke es una figura sagrada asociada a la sabiduría, la justicia y la nobleza, formando incluso parte de apellidos tradicionales y expresiones rituales (Ibarra et, al., 2012).

Además, el Cóndor andino ha sido incorporado como símbolo de soberanía e identidad nacional. Su figura aparece en los escudos nacionales de países como Chile, Colombia, Bolivia y Ecuador, lo que refleja una vez más su relevancia (Ibarra et, al., 2012).

Desde esta perspectiva, proteger al Cóndor andino no sólo significa conservar una especie por su importancia ecológica, sino también resguardar las costumbres, valores y formas de vida que han surgido en torno a él. Su cuidado requiere de una mirada biocultural, capaz de integrar la protección de la naturaleza junto con la preservación de la cultura que lo ha acompañado a lo largo de la historia andina (Ibarra et, al., 2012).

**Figura 2.** Escudos de países – Estados americanos que han incorporado al Cóndor andino como ave nacional: (A) Bolivia, (B) Chile, (C) Colombia, (D) Ecuador, (E) Segundo Escudo de la Gran Colombia (Estado que desde 1819 a 1831 incluyó a lo que hoy es Colombia, Venezuela, Ecuador, Panamá, norte de Perú y noroeste de Brasil), y (F) Primera versión del Escudo Nacional del Perú (diseño del 1820).



Ibarra et al., 2012.

A pesar de su profundo significado ecológico, cultural y simbólico, el Cóndor andino enfrenta una considerable disminución poblacional. Según la lista roja de la International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2024) se encuentra categorizado a nivel mundial

como una especie Vulnerable (VU), con una tendencia poblacional en rápido descenso. En Chile, el reglamento de clasificación de especies del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2024) lo categoriza como casi amenazado (NT).

Las razones detrás de esta preocupante categorización están directamente relacionadas con las múltiples amenazas que enfrentan las poblaciones del Cóndor andino a lo largo de su distribución. Dentro de los principales factores que ponen en riesgo su vida se encuentran la caza furtiva, el envenenamiento, la exposición al plomo, la colisión con cables eléctricos, la pérdida de hábitat, el uso de pesticidas por parte de los agricultores y la reducción de fuentes de alimento seguras y confiables (Alarcón y Lambertucci, 2018; Lambertucci et al., 2009, 2011; Lambertucci et al., 2018; Pauli, Donadio y Lambertucci, 2018; Wiemeyer et al., 2017, citado en Zambrano-Monserrate, 2020, p.1).

Sumado a esto existen características propias de la biología de esta especie que lo hace más susceptible a la extinción. Entre ellas se destaca su baja tasa reproductiva. Esto se debe a que, durante la época reproductiva, la pareja de cóndores se separa temporalmente del resto del grupo para proceder a la elección del nido, iniciando un proceso de cortejo y cópula que puede extenderse entre 8 y 9 meses. Posteriormente, enfrentan un prolongado período de incubación, de aproximadamente 60 días. El tamaño de la puesta es de un solo huevo, y el juvenil permanece en el nido por un largo periodo, alcanzando los 6 meses antes de realizar sus primeros vuelos. La madurez sexual se alcanza a partir de los 6 años, aunque en general la primera puesta puede retrasarse hasta los 8 años, siendo común que los primeros huevos sean infériles. De este modo, en el mejor de los casos, la reproducción ocurre cada 2 años, aunque esto varía dependiendo de la zona en que se encuentren y la disponibilidad de alimento (Lambertucci, 2007).

A esta compleja realidad de su estado de conservación, las múltiples amenazas a las que se enfrenta y su difícil dinámica reproductiva, se suma una importante limitación: la escasa información científica disponible sobre la composición y función anatómica de la osteología del Cóndor andino (*Vultur gryphus*). Si bien existen estudios enfocados en su ecología, comportamiento y estado de conservación, el conocimiento detallado de su anatomía es escaso.

Esta carencia de información limita directamente poder abordar la práctica clínica de manera adecuada e indirectamente contribuir a su rehabilitación efectiva y por consiguiente su conservación ya que, conocer la anatomía de una especie nos permite poder comprender procesos fisiológicos y patológicos, procedimientos de diagnóstico y terapéuticos, que dan desde la historia clínica y el examen físico hasta la interpretación de imágenes médicas y la realización de diversos procedimientos invasivos como es la cirugía y la necropsia (Rosse, 1999).

Ante este escenario, surge la necesidad de elaborar un atlas anatómico de la osteología del miembro torácico (ala) del Cóndor andino, estructura por lo demás fundamental para su vuelo.

El atlas anatómico es una obra que integra tanto imágenes como textos que sirven de referencia biológica. Este tipo de obra incluye ilustraciones, fotografías y descripciones detalladas sobre la estructura y función de los organismos vivos. Puede abarcar la totalidad de los sistemas de un ser vivo o especializar en uno en particular, lo que facilita al lector la comprensión de la complejidad anatómica y la interrelación entre sus diferentes estructuras (Netter, 2012).

La elaboración de este atlas anatómico se realizará mediante la técnica de osteotecnia, definida como un conjunto de procedimientos naturales, químicos y/o físicos, a través del cual se puede tratar un espécimen con el fin de obtener un hueso, segmento o esqueleto limpio, sin presencia de residuos orgánicos, facilitando la observación de formaciones anatómicas y ser usado con fines de investigación, educativos o para ser exhibidos dentro de una colección (Cañete Betancourt et al., 2014, citado en Villarroel Guerra y Troncoso Felipe, 2017, párr 4).

König et al. (2016), en el libro *Avian Anatomy*, afirman que el esqueleto del miembro torácico de las aves está compuesto por los huesos de la cintura escapular y los huesos del ala. A su vez, la cintura escapular aviaria completamente desarrollada consta de: hueso coracoides, escápula y clavícula, mientras que el esqueleto del ala está compuesto por húmero, radio – ulna, carpo, metacarpo y digitales.

**Figura 3.** Esqueleto de la cintura escapular y del ala (esquema) de un halcón peregrino (*Falco peregrinus*).



Köning et al., 2016.

## **2. OBJETIVOS**

**2.1.- Objetivo general:** **Elaborar** un atlas anatómico digital de las estructuras óseas que componen el miembro torácico (ala) del Cóndor andino (*Vultur gryphus*).

**2.2.- Objetivos específicos:**

- **Realizar** disección y osteotecnia sistemática de las estructuras óseas que componen el miembro torácico (ala) del Cóndor andino (*Vultur gryphus*) con el fin de obtener piezas óseas libres de material biológico y así poder ser conservadas.
- **Registrar** fotográficamente las estructuras óseas que componen el miembro torácico (ala) del Cóndor andino (*Vultur gryphus*) priorizando una documentación visual clara y precisa que permita identificar y catalogar las piezas óseas y sus principales características.
- **Diseñar** un atlas anatómico digital detallado de la osteología del miembro torácico (ala) del Cóndor andino (*Vultur gryphus*) mediante la edición y rotulación anatómica de las imágenes fotográficas, que sirva como herramienta científica para Médicos Veterinarios.

### **3. MATERIAL Y MÉTODO**

#### **3.1.-MATERIAL**

##### **3.1.1.-Material biológico**

Se utilizó 1 Cóndor andino adulto hembra. Provenía de la región del Maule y su causa de muerte fue una electrocución el 23 de septiembre 2024, lo que ocasionó fractura de su húmero izquierdo.

**Figura 4.** Vista ventral del ejemplar hembra adulta de Cóndor andino (*Vultur gryphus*) utilizado en el presente estudio.



Autoría propia

**Figura 5.** Fractura en el tercio distal del húmero izquierdo del ejemplar hembra adulta de Condor andino (*Vultur gryphus*).



Autoría propia

### 3.1.2.- Material de disección

- Mango de bisturí n°4 – QuirurgiMedical®
- Hojas de bisturí n°22 – Surgical Mart ®
- Pinzas anatómicas – QuirurgiMedical ®

### 3.1.3.- Material de osteotecnia

- Agua corriente hervida
- Agua corriente
- Bolsas para desechos biológicos – Simmedical ®
- Bandeja de plástico – Image ®
- Contenedor ultraforte transparente – Reyplast ®
- Hidróxido de sodio (NaOH) en perlas también conocido como soda cáustica – Passol ®
- Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 50% también conocido como agua oxigenada – Green depot Gt ®

- Pinza anatómica larga – Guthmann ®
- Toallas interfoliadas absorbentes – scott ®
- Lámpara – Homecenter ®
- Adhesivo instantáneo – Rex ®
- Acelerador de gotita – Paleo-bond ®
- Tela negra de algodón
- Mesa de laboratorio de acero inoxidable

#### **3.1.4.- Equipos**

- Cámara fotográfica digital Nikon D3500
- Lente Nikon AF-S DX NIKKOR 18-55 mm f/3.5-5.6G VR
- Trípode Weifeng WT-3550
- Software Adobe Photoshop 2025
- Cámara de frío transportable –Tecnifrio ®
- Hervidor – Toyotomi ®

#### **3.1.5.- EPP: Equipo de Protección Personal.**

- Antiparras de seguridad – Karson ®
- Guantes desechables de látex – Tresor ®
- Delantal blanco de laboratorio – Boulevard ®
- Mascarilla quirúrgica o de uso médico – Cranberry ®
- Careta protectora facial – Vicsa ®

### **3.2.-MÉTODO**

#### **Protocolo de Osteotecnia Cónedor andino (*Vultur gryphus*).**

Se describe el proceso de preparación del esqueleto que se realizó en un ejemplar hembra adulta *Vultur gryphus*.

#### **Descongelamiento**

Al inicio de este proceso, el ejemplar se encontraba congelado a -20°C, por tanto, se realizó el descongelamiento durante un tiempo aproximado de un día y medio dejándolo sobre un mesón resguardado bajo techo.

#### **Descarne**

En esta etapa se removió manualmente la mayor parte del tejido, mediante la acción mecánica de retirar músculos, tendones y ligamentos dejando el hueso desprovisto de tejido blando. Este proceso se realizó en un periodo de 2 días.

**Figura 6.** Ala derecha del Cónedor andino (*Vultur gryphus*) en proceso de descarne.



Autoría propia

Luego se procedió a la remoción de tejido mediante la acción química utilizando hidróxido de sodio (NaOH). Esta técnica consistió en poner en contacto el NaOH con el agua

hirviendo para generar una reacción exergónica, es decir, una liberación intensa de energía calórica.

Debido a que esta reacción no discrimina tejido se requirió una supervisión constante, segundo a segundo, para evitar daños en el material óseo. Además, dado el carácter rápido, corrosivo y peligroso de esta técnica, es de suma importancia el uso de elementos de protección personal (EPP) para evitar quemaduras u otro tipo de accidente.

#### **Procedimiento:**

1. **Preparación:** Se desarticuló el esqueleto disponiendo las piezas óseas en un recipiente de plástico resistente a altas temperaturas y productos químicos.
2. **Aplicación de NaOH:** Se esparció el NaOH sobre los huesos. La cantidad recomendada corresponde aproximadamente al 10% del peso total del espécimen.
3. **Adición de agua hirviendo:** Se vertió el agua hirviendo sobre las piezas óseas previamente esparcidas con NaOH. Es crucial seguir este orden (soda primero y agua después) para asegurar una reacción rápida y efectiva. Si se realiza a la inversa, la reacción será más lenta e ineficiente.
4. **Tiempo de exposición:** Se dejó actuar la reacción química por un tiempo máximo aproximado de 1 minuto. Posteriormente se movieron las piezas óseas con ayuda de una pinza larga para asegurarse de que hayan sido sumergidas de manera uniforme en la solución.
5. **Interrupción de la reacción:** Pasado el minuto se detuvo la acción química retirando las piezas óseas del recipiente con la ayuda de la pinza larga, luego se enjuagó con abundante agua corriente para eliminar cualquier resto de NaOH. Si esto no realiza, la soda cáustica sigue realizando su efecto destruyendo al hueso.

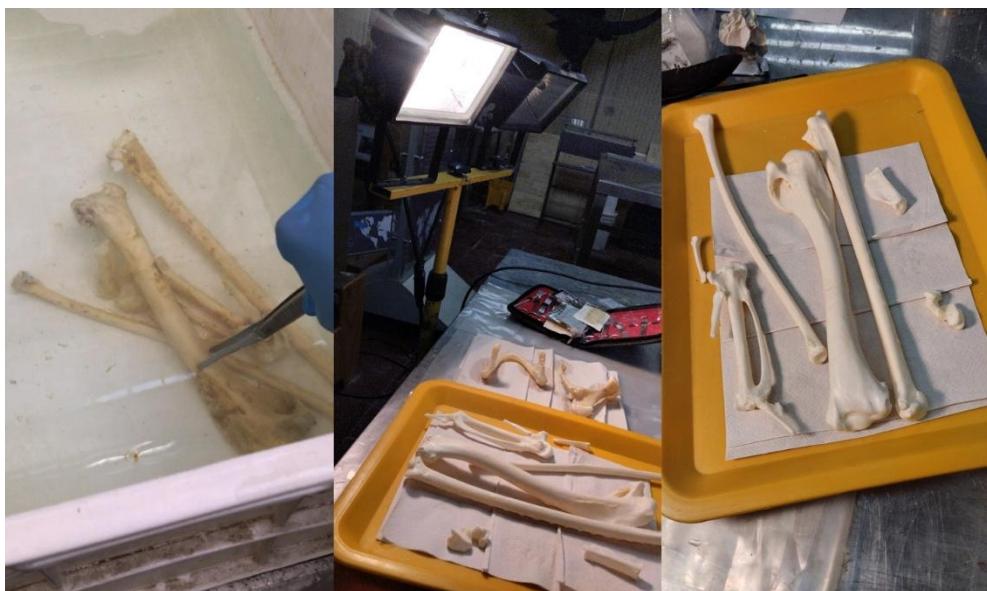
#### **Blanqueamiento.**

Para el blanqueamiento de las piezas óseas se utilizó peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Es una sustancia química incolora que actúa como agente oxidante, es decir, se descompone en agua ( $H_2O$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). El  $O_2$  liberado degrada las impurezas orgánicas presentes en los huesos tales como: tejido blando, lípidos y pigmentos hemáticos, permitiendo el blanqueamiento visible.

## Procedimiento:

1. **Preparación:** Se colocaron las piezas óseas en un recipiente de plástico resistente a altas temperaturas y productos químicos.
2. **Solución:** Para blanquear las piezas óseas se realizó una solución de peróxido de hidrógeno con agua hervida a una concentración de 5% por un tiempo estimado de 24 hrs. Es importante recordar que en todo momento se hizo uso de equipo de protección personal.
3. **Lavado:** Finalizado el tiempo se retiraron las estructuras óseas de la solución con la ayuda de una pinza larga, seguido de un lavado con abundante agua corriente.
4. **Secado:** Luego del lavado se dejaron las piezas óseas sobre una bandeja de plástico y se sacó el exceso de agua con ayuda de una toalla absorbente, posterior a esto se dejaron los huesos secando bajo luz artificial por un tiempo de 45 min.
5. **Limpieza:** Una vez que las estructuras óseas estaban completamente secas se procedió a limpiar y limar el hueso con la ayuda de un bisturí realizando movimientos de arrastre. Este proceso tardó aproximadamente 2 días.

**Figura 7.** Proceso de blanqueamiento (inmersión en solución, secado y limpieza).



Autoría propia

## **Registro fotográfico**

Una vez que las piezas óseas se encontraban completamente libres de restos de material biológico se inició con el registro fotográfico.

### **Procedimiento:**

- 1. Configuración de cámara:** Se configuró la cámara en modo manual, con una apertura de f/3.8 e ISO 400.
- 2. Montaje de set fotográfico:** Se procedió con el montaje del set fotográfico, disponiendo la tela negra sobre la mesa para generar contraste, y se instaló el trípode en una posición fija que permitiera capturar las imágenes con estabilidad.
- 3. Toma de fotografías:** Se posicionaron las piezas óseas sobre el fondo preparado, se colocó una regla de 3 cm adyacente a los huesos como referencia métrica, y se capturaron tres fotografías por cada una de las vistas anatómicas requeridas (craneal, caudal, dorsal, ventral o palmar) según correspondiera a cada hueso.

## **Diseño de atlas anatómico**

Luego de haber completado el registro fotográfico, se procedió al análisis de las imágenes obtenidas, seleccionando una foto por cada vista anatómica, priorizando aquella que presentara mayor nitidez y claridad visual.

### **Procedimiento**

- 1. Edición:** Se utilizó el programa de Adobe Photoshop con el propósito de enfocar exclusivamente la imagen principal de cada hueso y aislarla sobre un fondo negro. Para ello se empleó la herramienta de **selección de objetos**, con la cual se delimitó la silueta de cada pieza ósea. Posteriormente, se creó una nueva capa ubicada por detrás de la estructura, la cual fue rellenada con color negro, logrando así un contraste que facilitara la visualización de la pieza ósea. Este procedimiento se aplicó a seis imágenes correspondientes a los huesos del Cóndor andino (Húmero, radio – ulna y mano), considerando dos vistas por cada uno. Con el objetivo de incorporar una referencia métrica en las imágenes, se utilizó una regla colocada junto a los huesos durante la toma fotográfica. A partir de esta referencia, se trazó una línea recta con la herramienta de línea para señalar una

distancia 2 cm dentro de la imagen. Debajo de esta línea, se incorporó el texto “2 cm” utilizando la herramienta de texto horizontal, asegurando así una escala visual uniforme. Finalmente, se utilizó nuevamente la herramienta de línea y texto horizontal para rotular cada estructura ósea con sus respectivas iniciales, permitiendo su identificación anatómica de forma clara y precisa.

2. **Apoyo literario:** Para poder describir y rotular las imágenes se realizó una revisión bibliográfica basada en la Nómica Anatómica de Aves, con el fin de sustentar adecuadamente la identificación y caracterización de cada estructura ósea.

#### 4. RESULTADOS

**Humerus:** El húmero es un hueso largo que presenta una suave curvatura ventral, particularmente notoria en las proximidades de su epífisis proximal, zona en la cual articula con los elementos óseos de la cintura escapular. En este extremo proximal, el hueso presenta un ensanchamiento en sentido dorsoventral y adapta una forma ligeramente aplanada en el eje craneocaudal. Esta morfología no sólo se ajusta las exigencias biomecánicas del vuelo, sino que también proporciona una amplia superficie para la inserción muscular para estructuras responsables del desplazamiento del ala.

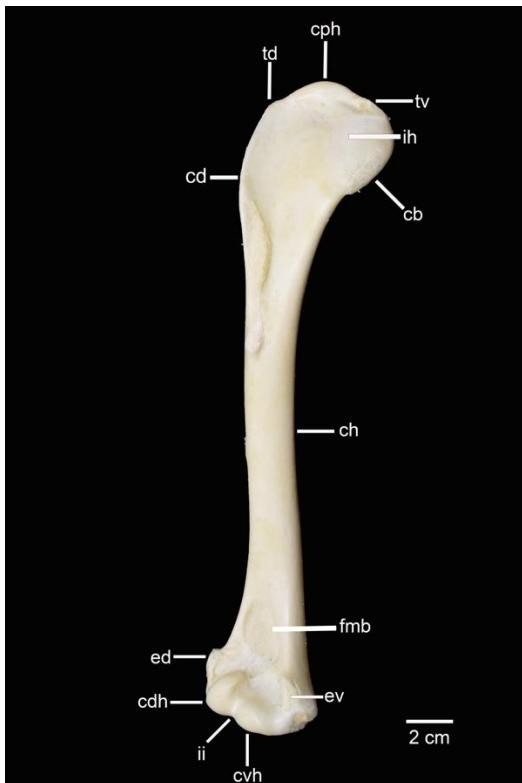
En esta región, tanto dorsal como ventralmente a ambos lados de la cabeza del húmero (cph. Fig. 8 y 9), se desarrollan prominencias que continúan distalmente como crestas. El tubérculo dorsal (td. Fig. 8 y 9) de menor tamaño se prolonga en la cresta deltopectoral (cd. Fig. 8 y 9) mientras que el tubérculo ventral (tv. Fig. 8 y 9), considerablemente más grande, se continúa con la cresta bicipital (cb. Fig. 8 y 9). Entre la cabeza del húmero y el tubérculo ventral se encuentra la incisura de la cabeza del húmero (ich. Fig. 9) y distal a esta, por la cara caudal del hueso, se ubica la fosa neumotricipital (fpt. Fig. 9), donde se aloja el foramen neumático (fpnh. Fig. 9).

Distal a la cresta deltopectoral, el diámetro del hueso disminuye progresivamente y su cuerpo (ch. Fig. 8 y 9) adquiere una forma tubular, especialmente marcada a partir del tercio proximal a su longitud. Hacia la epífisis distal, el grosor del húmero aumenta levemente hasta evidenciarse las prominencias correspondientes al epicóndilo dorsal (ed. Fig. 8 y 9) y epicóndilo ventral (ev. Fig. 8).

Desde una vista caudal, se reconocen dos surcos longitudinales, el surco escapulotricipital (ssc. Fig. 9) próximo al margen dorsal, y el surco humerotricipital (sh. Fig. 9) cercano al margen ventral.

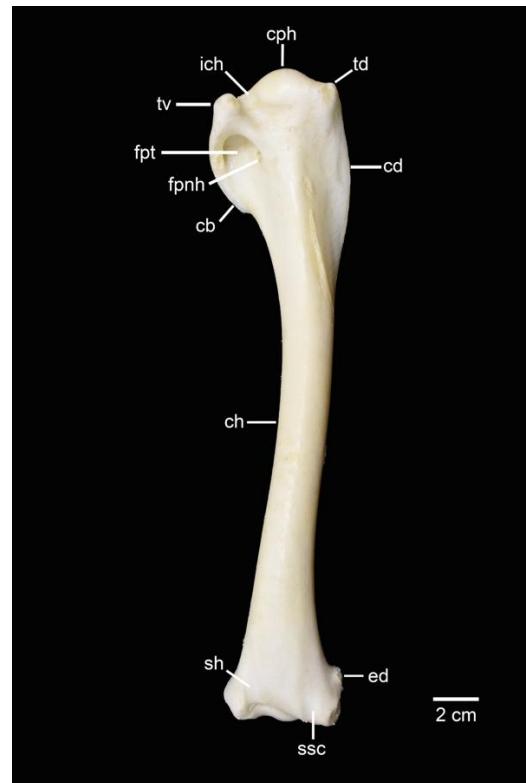
Por su parte, en la vista craneal, se observan claramente el cóndilo dorsal del húmero (cdh. Fig. 8), de mayor tamaño, y el cóndilo ventral (cvh. Fig. 8), más

pequeño, separados por la incisura intercondilar (ii. Fig. 8). Justo por encima de ambos cóndilos, en la superficie craneal, se identifica una fosa prominente que corresponde al sitio de origen del músculo braquial anterior (fmb. Fig. 8).



**Figura 9.** Húmero, craneal (derecha).

Tuberculum dorsale (td), tuberculum ventrale (tv), caput humeri (cph), intumescencia humeri (ih), crista bicipitalis (cb), crista deltopectoralis (cd), corpus humeri (ch), fossa musculus brachialis (fmb), epycondylus dorsalis (ed), epycondylus ventralis (ev) condylus dorsalis humerii (cdh), condylus ventralis humeri (cvh), incisura intercondylaris (ii).



**Figura 8.** Húmero, caudal (derecha).

Tuberculum dorsale (td), tuberculum ventrale (tv), caput humeri (cph), incisura capitis humeri (ich), crista bicipitalis (cb), crista deltopectoralis (cd), fossa pneumatricipitalis (fpt), foramen pneumaticum (fpnh), corpus humeri (ch), epycondylus dorsalis (ed), sulcus humerotricipitalis (sh), sulcus scapulotricipitalis (ssc).

**Radias y ulna:** Al igual que en los mamíferos, el radio y la ulna conforman el esqueleto del antebrazo, aunque con algunas variaciones morfológicas según la especie. En el caso del Cóndor andino (*Vultur gryphus*), ambos huesos presentan una longitud semejante; sin embargo, la ulna es ligeramente más larga debido a la proyección del olecranon (olc. Fig. 11) en su epífisis proximal, y notoriamente más ancha a lo largo de toda su extensión.

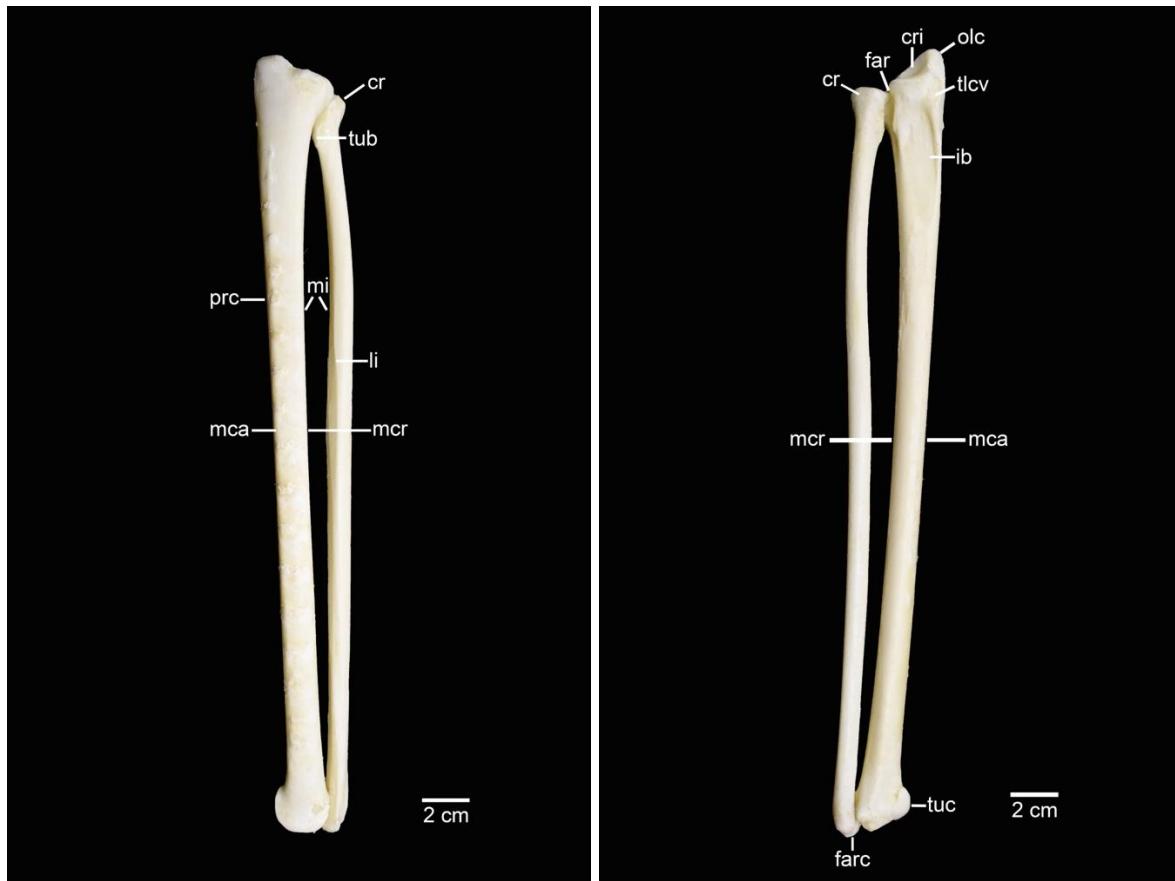
A lo largo de la superficie caudodorsal de la ulna se observan pequeñas prominencias óseas conocidas como papillas remigiales ventrales (prc. Fig. 10), las cuales corresponden a los puntos de anclaje de las plumas remeras secundarias, estructuras esenciales para el sostén aerodinámico y la funcionalidad del vuelo en esta especie.

En la epífisis proximal de la ulna, específicamente en su margen interóseo (mi. Fig. 10) se identifica una faceta articular para el radio (far. Fig. 11) que permite la conexión funcional entre ambos huesos del antebrazo. Además, en la cara ventral, justo distal al olecranon se encuentra una tuberosidad destinada al ligamento colateral ventral (tlcv. Fig. 11), adyacente a una impresión muscular que corresponde al sitio de inserción del músculo braquial anterior (ib. Fig. 11).

Finalmente, en la epífisis distal de la ulna se localiza el tubérculo carpal (tuc. Fig. 11), el cual interviene en la articulación con los huesos del carpo del ala.

En cuanto al radio, su extremo proximal articula con el cóndilo humeral interno, justo debajo de la cabeza radial (cr. Fig. 10). En la superficie dorsal de esta región se encuentra la tuberosidad bicipital radial (tub. Fig. 10), prominencia ósea que sirve como punto de inserción para el músculo bíceps.

Más distalmente, se distingue el margen interóseo, seguido de la línea intermuscular ulnar, una estructura alargada que actúa como sitio de inserción para diversos músculos del antebrazo.



**Figura 11.** Radio y ulna, dorsal (derecha).

Caput radii (cr), tuberculum bicipitale radii (tub), papilla remigialis ventralis (prc), margo interosseus (mi), lineae intermusculares ulnae (li), margo cranialis (mcr), margo caudalis (mca).

**Figura 10.** Radio y ulna, ventral (derecha).

Caput radii (cr), facies articularis radialis (far), crista intercotylaris (cri), olecranon (olc), impressio m. brachialis (ib), tuber. ligamenti collateralis ventralis (tlcv), margo cranialis (mcr), margo caudalis (mca), facies articularis radiocarpalis (farc), tuberculum carpale (tuc).

**Mano:** Durante el desarrollo embrionario, existen cinco huesos carpianos. Sin embargo, en el ave adulta solo permanecen como elementos independientes el hueso carpiano ulnar (ocu. Fig. 12 y 13) y el hueso carpiano radial (ocr. Fig. 12), ambos derivados de la fila proximal del carpo.

En contraste, el hueso carpiano central y los huesos de la fila distal se fusionan con los metacarpianos, dando lugar al carpometacarpo, que representa la base ósea de los dedos en el ala del ave y de las plumas primarias.

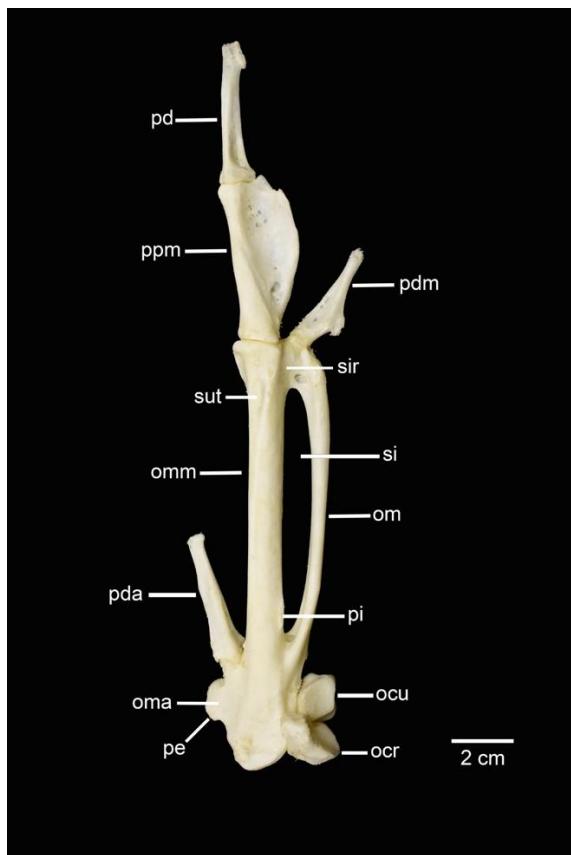
El carpometacarpo está conformado por la fusión de tres huesos metacarpianos embrionarios, el alular, el mayor y el menor. En el extremo proximal de esta estructura se encuentra la tróclea carpiana (trcm. Fig. 13), que permite la articulación con los carpianos independientes. En su cara ventral se observa una prominencia ósea denominada proceso pisiforme (ppp. Fig. 13).

En el metacarpiano alular (oma. Fig. 12 y 13) aparece como una proyección corta que sobresale desde el carpometacarpo. Este hueso contiene una superficie articular específica destinada a la unión con el dígito alular (pda. Fig. 12 y 13), el cual corresponde al dedo más caudal y pequeño, compuesto únicamente por una falange, y es clave en la regulación del control aerodinámico del ala.

En cuanto a los otros elementos metacarpianos, el metacarpiano mayor (omm. Fig. 12 y 13) y menor (om. Fig. 12 y 13), se encuentran fusionados entre sí en ambas epífisis, formando una estructura continua que se proyecta hacia distal, actuando como soporte óseo principal de los dedos funcionales del ala. En sus extremos distales ambos huesos presentan zonas articulares que permiten la conexión directa con las falanges correspondientes.

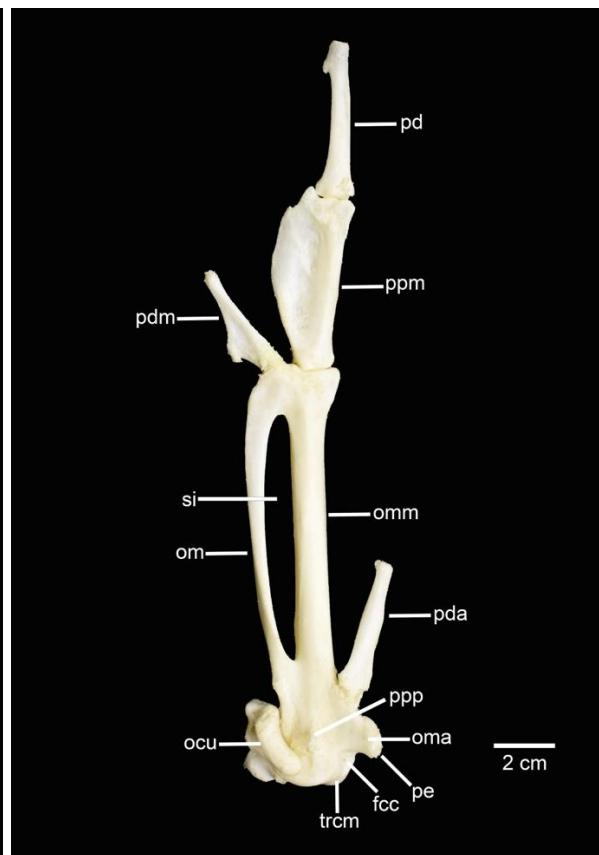
El dígito mayor es el más largo y robusto. Se origina desde el metacarpiano mayor y presenta dos falanges; una falange proximal con un cuerpo sólido, desplazado hacia el margen craneal, y una superficie aplanada dorsoventralmente que se prologa hacia caudal (ppm. Fig. 12 y 13) y una falange distal que constituye su extremo terminal (pd. Fig. 12 y 13).

Por último, asociado al metacarpiano menor se encuentra el digito menor que presenta una única falange (pdm. Fig. 12 y 13).



**Figura 13.** Manus, dorsal (derecha).

Phalanx distalis digitii majoris (pd), phalanx proximalis digitii majoris (ppm), phalanx distalis digitii minoris (pdm), sulcus interosseus (sir), sulcus tendinosus (sut), spatium intermetacarpale (si), os metacarpale majus (omm), os metacarpale minus (om), phalange digitii alulae (pda), processus intermetacarpalis (pi), os metacarpale alulare (oma), os carpi ulnare (ocu), os carpi radiale (ocr), processus extensorius (pe).



**Figura 12.** Manus, ventral (derecha)

Phalanx distalis digitii majoris (pd), phalanx proximalis digitii majoris (ppm), phalanx distalis digitii minoris (pdm), spatium intermetacarpale (si), os metacarpale majus (omm), os metacarpale minus (om), phalange digitii alulae (pda), processus pisiformis (ppp), os metacarpale alulare (oma), os carpi ulnare (ocu), processus extensorius (pe), fovea carpalis cranealis (fcc), trochlea carpalis (trcm).

## 5. DISCUSIÓN

La elaboración de este atlas anatómico constituye un aporte significativo al conocimiento morfológico de esta especie, una de las más emblemáticas de Sudamérica. A pesar de que existen referencias generales sobre la anatomía de aves, principalmente enfocados en especies domésticas o aves de menor tamaño, los estudios detallados centrados específicamente en el Cóndor andino son escasos.

Este trabajo, por tanto, busca cubrir una brecha importante al ofrecer una herramienta visual y descriptiva que pueda ser de utilidad para Médicos Veterinarios, rehabilitadores, científicos y otros profesionales vinculados al estudio y conservación de aves carroñeras y rapaces.

Durante el desarrollo del presente estudio se identificó una estructura en particular que, si bien está presente en otras aves rapaces, no se encuentra descrita en la bibliografía revisada sobre osteología aviar. Específicamente, se observó una prominencia notable en la cara caudal del húmero del Cóndor andino, cuya morfología no pudo ser clasificada ni asociada a una estructura previamente documentada. Asimismo, este trabajo permitió reconocer variaciones morfológicas y posicionales en ciertos elementos óseos, como la disposición de los carpos, lo que representa un aporte relevante para futuros estudios comparativos entre especies.

Dado el estado de conservación del Cóndor andino y el aumento de sus amenazas, contar con una referencia anatómica detallada resulta fundamental. Este tipo de material puede facilitar la identificación de patologías, anomalías morfológicas y orientar procedimientos quirúrgicos o de manejo clínico en aves lesionadas.

Una de las principales limitaciones del estudio fue la disponibilidad de un único ejemplar, lo que impidió realizar visualizaciones entre individuos. Además, la presencia de una fractura en el húmero izquierdo restringió el estudio a un solo ala completamente íntegra. A esto se suma la escasez de bibliografía específica y actualizada sobre osteología aviar,

particularmente en especies no domésticas, lo que dificultó la identificación detallada de algunas estructuras óseas y limitó el nivel de rotulación en ciertas regiones anatómicas.

Pese a ello, este trabajo establece las bases para futuras investigaciones, proyectando la continuación del estudio osteológico en nuevos ejemplares, con el fin de enriquecer el atlas y aumentar la precisión descriptiva de cada estructura. Entre las proyecciones se contempla ampliar el análisis hacia otras regiones del cuerpo, así como el desarrollo de material complementario tridimensional que permita su uso en entornos educativos y clínicos.

Finalmente, es importante destacar el rol de la osteotecnia en este proceso. Esta disciplina, encargada de la limpieza, conservación y montaje del material óseo, fue fundamental para preservar la integridad anatómica del ejemplar y posibilitar una observación clara y detallada de cada estructura. La aplicación de técnicas osteotécnicas permitió no solo obtener un resultado visualmente nítido, sino también respetuoso con el valor biológico y científico del espécimen, asegurando su utilidad como recurso de estudio a largo plazo.

## 6. CONCLUSIÓN

El presente proyecto cumplió satisfactoriamente su objetivo principal: la elaboración de un atlas anatómico de la osteología del miembro torácico (ala) del Cóndor andino (*Vultur gryphus*), marcando un primer paso importante para comprender de forma ordenada la anatomía ósea de esta especie. A través del trabajo realizado en el Museo Nacional de Historia Natural, fue posible aplicar la técnica de osteotecnia, una metodología que permite trabajar y estudiar restos óseos sin intervenir ni afectar poblaciones vivas. Gracias a este procedimiento, se logró preparar, analizar y registrar detalladamente las estructuras óseas del ala, basándose en bibliografía especializada generando un material visual y descriptivo de valor investigativo, educativo y conservacionista.

El aporte de este trabajo no se limita solo a la medicina veterinaria. También puede ser de utilidad para quienes se desempeñan en áreas como la ornitología, la conservación, la paleontología o la educación ambiental, mostrando cómo distintos campos pueden colaborar para conocer mejor a nuestras especies.

El desarrollo de este proyecto implicó una experiencia enriquecedora, la elección del Cóndor; especie emblemática y en estado vulnerable otorga a este atlas un valor adicional desde la perspectiva de la conservación.

El Cóndor andino es un símbolo de los Andes. Estudiarlo y darlo a conocer es una forma de protegerlo. Como estudiantes y futuros profesionales, tenemos la responsabilidad de generar conocimiento que contribuya a cuidar nuestro entorno natural. Este atlas es una invitación a seguir observando, aprendiendo y valorando la vida que nos rodea.

## 7. REFERENCIAS

- Alarcón, P., Morales, J., Donázar, J., Sánchez-Zapata, J., Hiraldo, F. y Lambertucci, S. (2017). Sexual-size dimorphism modulates the trade-off between exploiting food and wind resources in a large avian scavenger. *Sci Rep*, 7 (11461), 1-9 doi: [10.1038/s41598-017-11855-0](https://doi.org/10.1038/s41598-017-11855-0)
- Baumel, J., King, A., Breazile, J., Evans, H. y Vanden Berge, R. (1993). *Handbook of avian anatomy: nomina anatómica avium* (2<sup>a</sup> ed). Nuttall Ornithological Club.
- Ferguson-Lees, J. y Christie, D. (2001). *Raptors of the world*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Gilbert, M.B., Martin, D.L., & Savage, G.H. (1996). *Avian Osteology*. Missouri Archaeological Society, Inc.
- Ibarra, J., Barreau, A., Massardo, F. y Rozzi, R. (2012). El cóndor andino: Una especie biocultural clave del paisaje sudamericano. *Boletín Chileno de ornitología*, 18 (1-2), 1-22. <https://aveschile.cl/revista-chilena-de-ornitologia-volumen-18-numeros-1-y-2-2012/>
- International Union for Conservation of Nature. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2*. IUCN Red List. Consultado el 28 de noviembre de 2024, de <https://www.iucnredlist.org/species/22697641/181325230>

Iriarte, A., Rivas-Fuenzalida, T., y Jaksic, F. (2019). *Las aves rapaces de Chile*. CAPES/Flora y Fauna.

König, H.E., Korbel, R., & Liebich, H.-G. (2016). *Avian anatomy: Textbook and colour atlas* (2<sup>a</sup> ed.). 5m Publishing.

Lambertucci, S. (2007). Biología y conservación del Cóndor andino (*vultur gryphus*) en Argentina. *El Hornero*, 22 (2), 149-158.  
<https://doi.org/10.56178/eh.v22i2.760>

Lambertucci, S. y Mastrantuoni, O. (2008). Breeding behavior of a pair of free-living Andean Condors. *J Field Ornith*, 79 (2). 147-151. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2008.00156.x>

Linnaeus, C. (1758). *Sistema natural* (10<sup>a</sup> ed.). Laurentii Salvii.

Martínez, L. (2006). *Comportamiento y uso de hábitat del cóndor andino (*Vultur gryphus*) en el Parque Nacional Natural Chingaza* [Tesis de grado para optar por el título de bióloga, Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/1b51c0c9-cd4d-4187-8c18-89f71469e50c>

Ministerio del Medio Ambiente. (2024). *Clasificación de especies según estado de conservación*. Ministerio del Medio Ambiente. Consultado el 28 de noviembre de 2024, de <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>

Neal, P. J., Shapiro, L. G., y Rosse, C. (1998). The digital anatomist structural abstraction: a scheme for the spatial description of anatomical entities. *Proc. AMIA Symposium*, 423–427. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9929254/>.

Netter, F. (2012). *Atlas de anatomía humana* (4<sup>a</sup> ed.). Elsevier Masson.

Ogada, D., Keesing, F. y Virani, M. (2012). Dropping dead: causes and consequences of vulture population declines worldwide. *Ann N Y Acad Sci*, 1249 (1), 57-71. doi: [10.1111/j.1749-6632.2011.06293.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06293.x)

Ospina, P., Ramirez, M. y Maturrano, L. (2021). Los buitres, aves carroñeras del Viejo Mundo y Nuevo Mundo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i5.21337>

Pávez, E., y Tala. C. (1995). *Río Blanco La herencia de los glaciares* (2<sup>a</sup> ed.). Andina Codelco.

Rebman, R. (2012). *Vultures*. Marshall Cavendish Benchmark.

Rosse, C. (1999). Atlas de anatomía. *Clin. Anat.*, 12 (4), 293-299, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2353\(1999\)12:4<293::AID-CA13>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12:4<293::AID-CA13>3.0.CO;2-4)

Rodriguez Palomo, D., & Ramírez Zamora, J. (2009). *Técnica de conservación de huesos en peróxido de hidrógeno*. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v26n2/a06v26n2.pdf>.

Villarroel Guerra, M.A., & Troncoso Felipe, N.A. (2017). *Combinación de osteotecnia más conservación de músculos en Montaje único de Canis lupus familiaris*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100055>

Wallace, R., Reinaga, A., Piland, N., Piana, R., Vargas, F., Zegarra, R., Alarcón, P., Alvarado, S., Álvarez, J., Angulo, F., Astore, V., Ciri, F., Cisneros, J., Cóndor, C., Escobras, V., Funes, M., Gálvez-Durand, J., Gargiulo, C., Gordillo, S., ...Zurita, L. (2020). *Protegiendo el símbolo de los Andes: Ejercicio de priorización a lo largo del rango de distribución del Cóndor Andino (Vultur Gryphus)*.  
<https://library.wcs.org/Scientific-Research/Research-Publications/Publications-Library/ctl/view/mid/40093/pubid/DMX3948800000.aspx>

Zambrano-Monserrate. (2020). *The economic value of the Andean Condor: The national symbol of South America*. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125796>.