



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DIFERENCIALES DE
HUESOS DE *Amazona aestiva*, *Ara ararauna*, *Ara macao* y *Ara
chloroptera*, QUE CONTRIBUYE A LA IDENTIFICACIÓN DE
LAS ESPECIES, EN CASOS DE TRÁFICO DE AVES, EN
BRASIL**

Lisette Valeska Monardes Díaz

Memoria para optar al Título Profesional
de Médico Veterinario
Departamento de Patología Animal

PROFESOR GUÍA: Dr Gustavo A. Farías Roldán

SANTIAGO, CHILE
2017



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DIFERENCIALES DE
HUESOS DE *Amazona aestiva*, *Ara ararauna*, *Ara macao* y *Ara
chloroptera*, QUE CONTRIBUYE A LA IDENTIFICACIÓN DE
LAS ESPECIES, EN CASOS DE TRÁFICO DE AVES, EN
BRASIL**

Lisette Valeska Monardes Díaz

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Patología Animal

PROFESOR GUÍA: Dr. Gustavo Farías Roldán

SANTIAGO, CHILE
2017

Nota Final

Profesor Guía	Gustavo Farías Roldán
Profesor Corrector	Lorena Aguilar Guzmán
Profesor Corrector	Valeria Rojas Escudero

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales al Dr. Víctor Toledo, quien orientó en la realización de esta memoria. A Sebastián Figueroa por su apoyo, al igual que mi familia.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1. Tráfico ilegal de animales: contexto global	4
2. Tráfico de aves	6
3. Anatomía aviar	8
Cráneo.....	8
Mandíbula.....	9
Húmero	9
Esternón.....	10
Fémur.....	10
Pelvis	10
4. Osteología comparativa: aplicación potencial en la identificación forense de aves comunmente traficadas.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
RESULTADOS.....	19
1. Descripción anatómica individual por especie.....	19
1.1. <i>Amazona aestiva</i> (<i>Amazona frentiazul</i>)	19
1.2. <i>Ara ararauna</i> (<i>Guacamayo azul-amarillo</i>).....	32
1.3. <i>Ara chloeroptera</i> (<i>Guacamayo rojo</i>).....	44
1.4. <i>Ara macao</i> (<i>Guacamayo escarlata</i>).....	56
2. Comparación y determinación de características anatómicas diferenciales.....	68
2.1. Comparación de cráneo	68
2.2. Comparación de mandíbula.....	73
2.3. Comparación de húmero.....	75
2.4. Comparación de esternón	78

2.6. Comparación de fémur	86
DISCUSIÓN	91
CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFIA	98

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla comparativa de cráneo	72
Tabla 2. Tabla comparativa de mandíbula	75
Tabla 3. Tabla comparativa de húmero.....	78
Tabla 4. Tabla comparativa de esternón	81
Tabla 5. Tabla comparativa de pelvis	86
Tabla 6. Tabla comparativa de fémur	90

Índice de Figuras

Figura 1. A. <i>Amazona aestiva</i> , B. <i>Ara ararauna</i> C. <i>Ara chloroptera</i> , D <i>Ara macao</i>	16
Figura 2. Vistas de cráneo de <i>Amazona aestiva</i>	21
Figura 3. Vistas de mandíbula de <i>Amazona aestiva</i>	23
Figura 4. Vistas de húmero de <i>Amazona aestiva</i>	25
Figura 5. Vistas de esternón de <i>Amazona aestiva</i>	29
Figura 6. Vistas de pelvis de <i>Amazona aestiva</i>	27
Figura 7. Vistas de fémur de <i>Amazona aestiva</i>	29
Figura 8. Vistas de cráneo de <i>Ara ararauna</i>	31
Figura 9. Vistas de mandíbula de <i>Ara ararauna</i>	33
Figura 10. Vistas de húmero de <i>Ara ararauna</i>	35
Figura 11. Vistas de esternón de <i>Ara ararauna</i>	37
Figura 12. Vistas de pelvis de <i>Ara ararauna</i>	39
Figura 13. Vistas de fémur de <i>Ara ararauna</i>	40
Figura 14. Vistas de cráneo de <i>Ara chloroptera</i>	43

Figura 15. Vistas de mandíbula de <i>Ara chloreoptera</i>	45
Figura 16. Vistas de húmero de <i>Ara chloreoptera</i>	47
Figura 17. Vistas de esternón de <i>Ara chloreoptera</i>	49
Figura 18. Vistas de pélvis de <i>Ara chloreoptera</i>	51
Figura 19. Vistas de fémur de <i>Ara chloreoptera</i>	53
Figura 20. Vistas de cráneo de <i>Ara macao</i>	54
Figura 21. Vistas de mandíbula de <i>Ara macao</i>	56
Figura 22. Vistas de húmero de <i>Ara macao</i>	59
Figura 23. Vistas esternón <i>Ara macao</i>	61
Figura 24. Vistas de pelvis de <i>Ara macao</i>	65
Figura 25. Vistas de fémur de <i>Ara macao</i>	67
Figura 26. Vistas comparativas laterales de cráneo.....	70
Figura 27. Vistas comparativas dorsales de cráneo.....	71
Figura 28. Vistas comparativas laterales de mandíbula.....	73
Figura 29. Vistas comparativas dorsales de mandíbula.....	74
Figura 30. Vistas comparativas craneales de húmero.....	76
Figura 31. Vistas comparativas caudales de húmero.....	77
Figura 32. Vistas comparativas dorsales de esternón.....	79
Figura 33. Vistas comparativas laterales de esternón.....	80
Figura 34. Vistas comparativas laterales de pelvis.....	83
Figura 35. Vistas comparativas ventrales de pelvis.....	84
Figura 36. Vistas comparativas dorsales de pelvis.....	85
Figura 37. Vistas comparativas craneales de fémur.....	88
Figura 38. Vistas comparativas caudales de fémur.....	89

RESUMEN

Los delitos contra la fauna silvestre son cada vez más frecuentes. Dentro de estos se destaca el tráfico animal, una práctica ilegal que tiene impacto directo en la conservación de la fauna, porque extraen individuos de su habitat, introduce especies invasoras a otras regiones, genera movimiento de patógenos entre fronteras, además del maltrato que sufren las especies por las condiciones en las que son transportadas. Por esta razón, surge la necesidad de generar herramientas que permitan cuantificar el real impacto de este delito y las principales especies victimizadas, para así emplear medidas de mitigación. Para esto, es de gran relevancia lograr identificar los restos óseos de las especies halladas en los sitios de suceso. La identificación de especies a través de restos óseos, es una técnica rápida y de bajo costo, la cual se puede usar en terreno. Para lograr la correcta identificación de las especies en cuestión, es necesario contar con una guía estandarizada de los huesos de las diferentes especies. En el presente estudio se logró describir estructuras anatómicas de los huesos de cráneo, mandíbula, húmero, esternón, pelvis y fémur de las cuatro especies de interés: amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azul-amarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloreoptera*). Además, se consiguió comparar las características morfológicas diferenciales y específicas, que permiten identificarlas correctamente. Así, en el análisis de los resultados, se encontraron diferencias en la forma y desarrollo de ciertas estructuras, principalmente en el cráneo, esternón, pelvis y fémur, que permiten diferenciar una especie respecto de las otras, convirtiéndose en los huesos más relevantes en el proceso de identificación de amazona en relación a las tres especies de guacamayo, pero no así entre guacamayos mismos. El cráneo, es la estructura que presentó las mayores diferencias anatómicas, en la unión entre el proceso postorbital y arco suborbital, en la forma y disposición de las narinas, y en la proyección del hueso prefrontal. Esto nos permitirá construir una guía anatómica osteológica comparativa, que permita su identificación en el sitio de suceso.

ABSTRACT

Crimes against wildlife are becoming more frequent. These include animal trafficking, an illegal practice that has a direct impact on the conservation of wildlife, because they extract individuals from their habitat, introduce invasive species into other regions, generate movement of pathogens across borders, as well as the mistreatment of the animals. Species by the conditions in which they are transported. For this reason, the need arises to generate tools to quantify the real impact of this crime and the main victimized species, in order to use mitigation measures. For this, it is of great relevance to identify the bone remains of the species found in the sites of success. Identification of species through skeletal remains is a quick and inexpensive technique, which can be used on the ground. To achieve the correct identification of the species in question, it is necessary to have a standardized guide of the bones of the different species. In the present study, anatomical structures of the skull, jaw, humerus, sternum, pelvis and femur bones of the four species of interest were described: amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), blue-yellow macaw (*Ara ararauna*), scarlet macaw (*Ara macao*) and red macaw (*Ara chloroptera*). In addition, it was possible to compare the differential and specific morphological characteristics, which allow to identify them correctly. Thus, in the analysis of the results, differences were found in the shape and development of certain structures, mainly in the skull, sternum, pelvis and femur, that allow differentiating one species from the others, becoming the most relevant bones in the Process of identification of Amazon in relation to the three species of macaw, but not so among macaws themselves. The skull is the structure that presented the greatest anatomical differences, in the union between the postorbital process and suborbital arch, in the shape and arrangement of the nostrils, and in the projection of the prefrontal bone. This will allow us to construct a comparative anatomical osteological guide, allowing its identification at the site of occurrence.

INTRODUCCIÓN

La medicina forense es una ciencia que incluye el trabajo legal y criminalístico, permitiendo la resolución de casos judiciales. Hoy en día, esta disciplina no sólo abarca casos criminales relacionados con humanos, sino que también incluye a los animales que son víctimas de maltrato, crueldad, tráfico, entre otros hechos ilícitos. Por esta razón las herramientas necesarias para abordar y, eventualmente, resolver este tipo de problemáticas requieren de un conocimiento más específico y que debe ser abordado por especialistas según la especie implicada. En casos humanos la primera pregunta siempre se orienta a la identificación de los participantes del hecho y cuando hay animales comprometidos, los procesos no difieren notablemente. Dentro de este contexto, las áreas de mayor desarrollo de esta ciencia están enfocadas a la identificación de especies animales en los distintos sitios de suceso (SS), debido a que según la especie involucrada es cómo se ejecutan los cargos que se establecen para el delito.

El tráfico de fauna silvestre es una práctica que en la actualidad se ha situado como el tercer “mercado negro” más grande del mundo, luego de las armas y drogas, estando íntimamente asociados a estos dos últimos. Dicho tráfico trae graves consecuencias para la biodiversidad y los ecosistemas involucrados, ya que además de la captura de gran cantidad de especímenes (comúnmente especies en peligro de extinción), se suma la alta tasa de mortalidad que presentan durante el transporte. Así es que, se requiere de nuevos conocimientos que permitan la identificación de ejemplares involucrados en este tipo de hechos ilícitos, determinando el número de especímenes afectados y posibles consecuencias derivado de ello. Esto permitiría optar en el mejor de los casos, a la obtención de recursos económicos para la aplicación de medidas efectivas de control y, desde el punto de vista judicial, aplicar penas efectivas contra sus ejecutores. Dentro de los países que más exportan ilegalmente su fauna silvestre se encuentra Brasil, el cual posee una gran variedad de animales, siendo las aves las principales víctimas de dicha práctica.

Por lo anteriormente señalado, la presente Memoria de Título tiene como finalidad determinar características morfológicas diferenciales en huesos de algunas especies de aves (amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azul-amarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata

(*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*) comúnmente traficadas en Brasil, mediante el estudio anatómico osteológico comparativo, que permitan su identificación.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Tráfico ilegal de animales: contexto global

El comercio de flora y fauna silvestre es diverso, desde los animales vivos y plantas ornamentales a una amplia gama de productos y sus derivados (Broad *et al.*, 2003). Tanto es así, que estimaciones indican que este comercio es considerado el tercero a nivel mundial, tras el tráfico de drogas y armas (Farías *et al.*, 2012). Pero como lo menciona Broad *et al.* (2003), no es fácil cuantificar dicho comercio, por lo que los autores varían en sus estimaciones de cuánto es realmente el dinero involucrado. Por ejemplo, Wyler y Sheik (2013), indican un valor entre los US\$ 5 mil millones y potencialmente más de US\$ 20 mil millones; esto concuerda con lo señalado por Wilson (2010), quien menciona estimaciones que van desde US\$ 10 mil millones hasta US\$ 20 mil millones, mientras que otras indican que podrían llegar a los US\$ 50 mil millones anualmente (Wallace y Ross, 2012). Así mismo existe una pobre documentación de las especies o productos involucrados, los volúmenes de comercio, valores comerciales y personas dependientes de esta actividad. En este último punto, las estimaciones varían entre las 200 millones en todo el mundo a 1.000 millones de personas, sólo en la región de Asia-Pacífico. Sin embargo, cuando se requiere recabar información fidedigna, hay dos principales fuentes de sobre el comercio internacional de vida silvestre: los datos de las aduanas y los informes anuales compilados por las partes en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Broad *et al.*, 2003). Sin embargo, como destaca Wallace y Ross (2012), solo el 10% de todo el tráfico ilegal es interceptado, cifra que puede ser incluso inferior al 1% del tráfico total.

En cuanto al contrabando de animales, los comúnmente traficados incluyen aves, reptiles, insectos, peces y grandes animales de caza. Las especies raras o en peligro de extinción son el principal objetivo, tanto para los coleccionistas como para el comercio de mascotas (Wilson, 2010), y como mencionan Wyler y Sheik (2013) la disminución de poblaciones de fauna silvestre causa el efecto contrario en el mercado negro, donde los precios suben para casos de especies en peligro de extinción. Por ejemplo, el precio de un guacamayo vivo es de US\$90.000,

un kilogramo de cuerno de rinoceronte cuesta US\$ 50.000, un kilo de huesos de tigre US\$ 1.200 y un kilogramo de marfil de elefante US\$ 1.000. Esta actividad puede incluir elementos ornamentales, medicina tradicional, vestimenta, y animales vivos como compañía y ornamentación (Broad *et al.*, 2003; Hamilton y Erhart, 2012; Alves *et al.*, 2013; Wyler y Sheik, 2013).

En general, la dirección de los flujos de comercio de vida silvestre es solamente de países en vías de desarrollo a países desarrollados. Es así como Japón, EEUU y la Unión Europea son los compradores más importantes, mientras que se sitúa a China como el mayor exportador, con otros países del sudeste asiático, países africanos y Sudamérica, siendo Brasil el principal exportador de este continente (Broad *et al.*, 2003; Camis *et al.*, 2010). El desplazamiento de la fauna silvestre desde su origen hasta el consumidor final incluyen una amplia gama de intermediarios. La cadena de actividades, incluyen un número de diferentes grupos que se dividen básicamente en: proveedores, intermediarios y consumidores (Alves *et al.*, 2012). Por otro lado, el tráfico de vida silvestre posee fuertes lazos con el crimen organizado, donde se ha relacionado con envíos de otros artículos de contrabando, incluyendo drogas, armas, vehículos robados, y personas. Además se encuentra relacionado a otros ilícitos de corrupción y falsificación de documentos (Sellar, 2009; Wallace y Ross, 2012; Wyler y Sheik, 2013), por ejemplo, se estima que en Brasil el 40% del crimen organizado está asociado con el tráfico de fauna (Wilson, 2010). Los expertos afirman que el crimen organizado chino, japonés, italiano y ruso está muy involucrados en el comercio ilegal de la fauna. La evidencia anecdótica indica que se han encontrado cargamentos de fauna silvestre junto con otros envíos de mercancías de contrabando, incluyendo drogas, armas, vehículos robados, entre otros. Por ejemplo, condones llenos de cocaína colombiana dentro de una caja con serpientes o loros exóticos de contrabando con metanfetamina (Wyler y Sheik, 2013).

Las formas de contrabando varían, encontrando especímenes en chalecos o ropa interior con bolsillos especiales, equipaje, contenedores, ocultos entre carga legal, e incluso en compartimentos como dentro de una pierna ortopédica (Sellar, 2009; Rosen y Smith, 2010). Este tipo de métodos suelen ser perjudiciales para los animales, y con frecuencia mueren durante el transporte (Rosen y Smith, 2010), de hecho, como mencionan Wilson (2010) y Johnson (2012),

esta práctica implica una alta tasa de mortalidad, cercana al 90%, así como una amenaza a la supervivencia de especies enteras.

El comercio ilegal de vida silvestre provoca un impacto directo sobre la biodiversidad, llevando a la reducción de algunas poblaciones casi hasta la extinción (Farias, *et al.*, 2012), y por otro lado, actúa como una vía potencial para la introducción de especies invasoras y la propagación de enfermedades (Rosen y Smith, 2010; Wilson, 2010; Johnson, 2012). Existen algunos casos identificados que revelan una diversidad de patógenos asociados a envíos incautados, como por ejemplo, el caso de 76 cacatúas de contrabando que entraron al Reino Unido desde Singapur las que estaban infectadas con *Chlamydochlamydia psittaci*, infección respiratoria zoonótica que causa una neumonía grave en los seres humanos y tiene una tasa de letalidad entre 10 a 15% si no se trata. Este también puede causar enfermedades en el medio silvestre, aves domésticas y ungulados. En un caso similar en 1994, *Chlamydochlamydia psittaci* causó la neumonía atípica en siete funcionarios de aduanas que habían tenido contacto con aves confiscadas. Otras incautaciones contenían aves portadoras con la gripe aviar altamente patógena (IAAP) y la enfermedad de Newcastle, un virus de la familia de *paramyxovirus* que tiene el potencial para diezmar a las aves domésticas y silvestres autóctonas. A pesar de la diversidad de las infecciones que se han identificado en los decomisos de fauna silvestre, los animales más confiscados no son examinados para detectar patógenos, por lo que es imposible evaluar el verdadero riesgo de contaminación con patógenos a través del comercio ilegal de vida silvestre. Sin embargo, podemos identificar algunos aspectos del riesgo basados en la geografía del comercio, es decir, desde qué países están viajando los especímenes ilegales y cuáles son los posibles patógenos que podrían dispersar, y la diversidad taxonómica de los animales confiscados (Rosen y Smith, 2010).

2. Tráfico de aves

Las culturas antiguas de todo el mundo han capturado, mantenido y criado aves como mascotas, al menos hace unos 4.000 años (Alves *et al.*, 2012).

En la actualidad la caza y captura ilegal de aves constituye una de las pocas actividades por la cual los pobladores amazónicos obtienen beneficios de la fauna nativa. La mayor parte de este

negocio se encuentra focalizado en el comercio local, el cual supone un bajo aporte económico para las poblaciones amazónicas (Camis *et al.*, 2010). Por ejemplo, las estimaciones indican que aproximadamente 4 millones de aves se comercializan ilegalmente en Brasil, y de éstos, el 70% se distribuyen a las ventas nacionales y el resto a la exportación (Alves *et al.*, 2013). El comercio internacional, aunque menos frecuente, es el que produce mayores beneficios económicos, siendo la Unión Europea el gran mercado para los pájaros exóticos (Camis *et al.*, 2010). Esto se ve reflejado en el caso documentado por Low y Jorquera (2012), en donde se da una notoria diferencia entre los precios del mercado local con los del mercado internacional.

Del total de especies de aves conocidas en el mundo, 3.649 especies son utilizadas como mascotas (37%), lo que es, sin duda, la principal presión para el uso directo de este taxón. Este tipo de explotación, junto con la caza para comida, medicamentos o adornos tradicionales extiende a 4.561 el número de especies utilizadas directamente por los humanos, es decir, el 46% de las aves conocidas (Alves *et al.*, 2013).

Brasil es el hogar de una de las faunas de aves más ricas en el mundo, con 1.832 especies. Esta cifra representa aproximadamente el 57 % del total de especies de aves registradas en América del Sur, y más del 10 % de ellas son endémicas de Brasil. Sin embargo, la población de las especies de aves traficadas, ha disminuido, con una implicancia ecológica inmediata y evidente (Alves *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2013). Esto se debe, además de la práctica ilegal en sí misma, a la gran mortalidad que existe en el proceso de comercialización. Este dato coincide con lo expuesto por Low y Jorquera (2012), quienes señalaron que sólo el 30% de las aves traficadas sobreviven, e incluso estimaron que por cada ave obtenida por la vía ilegal, mueren entre 5 y 10. En estas condiciones las aves a menudo se pelean, mutilan y matan entre sí. Por esta razón muchas veces son estrechamente embalados y/o drogados para evitar que se muevan o traten de escapar (Johnson, 2012).

Brasil presenta una gran diversidad en aves paseriformes, que son víctimas frecuentes de tráfico, en especial la familia *Emberizidae*, que junto con la familia *Psittacidae* se encuentran entre los taxones de aves silvestres más comercializadas. En el primer caso, por ser una familia de aves extremadamente resistentes, granívoras y pequeñas, lo que permite mantener grupos en jaulas

pequeñas, y por su colorido plumaje. La segunda familia son las aves de compañía más populares del mundo, debido a su capacidad de imitar voces humanas, así como su inteligencia, belleza y docilidad (Godoy y Matushima, 2010; Alves *et al.*, 2012).

3. Anatomía aviar

El esqueleto de las aves es ligero, compacto y fuerte, con un mayor contenido de fosfato cálcico que el encontrado en los huesos de mamíferos. Se caracteriza por la fusión de algunas vértebras, la presencia de un prominente esternón y una pelvis que está abierta ventralmente. Una característica peculiar del esqueleto aviar es la neumatización de los huesos por extensiones de los sacos aéreos, que a su vez, están en comunicación con los pulmones (Dyce *et al.*, 1999).

El esqueleto se divide en parte axial, compuesto por el cráneo, columna vertebral, costillas y esternón, y un esqueleto apendicular constituido por los huesos de los miembros y los cinturones pectoral y pelviano (Feduccia, 1986). Sin embargo, como menciona Dyce *et al.*, (1999), la pelvis puede ser también incluida como parte del esqueleto axial, puesto que está firmemente unida al sinsacro, formado por vértebras lumbares, sacras y caudales fusionadas.

La división de la columna vertebral en números concretos de vértebras cervicales, torácicas, lumbares, sacras y caudales se hace difícil por la amplia fusión existente en algunas de ellas y la incertidumbre sobre la localización del límite entre vértebras cervicales y torácicas. El número de vértebras cervicales varía según la longitud del cuello. Aves de pequeño tamaño pueden tener solo 8, mientras que los cisnes llegan hasta 25 (Dyce *et al.*, 1999).

A continuación se presenta una descripción anatómica de los huesos a trabajar en el estudio:

Cráneo

Las aves poseen uno de los cráneos más especializados. La fusión de los elementos más importantes a menudo hace que no existan las estructuras de las suturas originales, las que como menciona Sisson y Grossman (1973), son las mismas que en mamíferos, excepto por el hueso interparietal el cual está ausente en gallinas. Por otro lado, la neumatización del cráneo puede originarse por las extensiones epiteliales de los sacos aéreos (Feduccia, 1982). Dentro de las características más destacadas del cráneo esta el gran tamaño de las órbitas, separadas por un

delgado septum formado por los huesos esfenoides y etmoides (Sisson y Grossman, 1973; Dyce, *et al.*, 1999). Las fosas nasales pueden presentar un recubrimiento denominado "proceso nasal". En algunas especies, después de la muerte, éste permanece en el cráneo tras la descomposición de los tejidos blandos, mientras que en otras desaparece (García, 2013)

Todas las aves poseen un cráneo cinético (al menos en algún grado), de forma que la mandíbula superior es móvil, hacia arriba y abajo, y se articula con la caja encefálica por medio de una articulación móvil, conocida como "charnela frontonasal" (craneofrontal) (Feduccia, 1982).

El hueso occipital tiene un único cóndilo, el cual se sitúa ventral al foramen magno y articula con el atlas y el proceso odontoides del axis. Esto forma una articulación que permite a las aves girar la cabeza sobre la columna con una amplitud mucho mayor de la que es posible en mamíferos (Sisson y Grossman, 1973; Dyce *et al.*, 1999).

Mandíbula

Cinco huesos, generalmente, son los que contribuyen a la formación de la mandíbula; en el adulto sus suturas están enmascaradas por la osificación (Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999). El hueso mayor y más rostral de la mandíbula inferior es el dentario, que forma una sínfisis mandibular, distalmente. Otros componentes pueden incluir los huesos esplenio, angular, subangular, prearticular y el articular que, como su nombre indica, se articula con los cóndilos del cuadrado. En las aves como en sus predecesores los reptiles, existe un foramen mandibular caudal al hueso dentario (Feduccia, 1982). Por otro lado, la mandíbula está unida caudalmente al cráneo, entre la órbita y el meato acústico externo, por los huesos articular y cuadrado, elementos que corresponden a los huesos martillo y yunque de los mamíferos. El hueso cuadrado se conecta al arco yugal, en aves con tróclea craneofacial (por ejemplo loros y periquitos) y la depresión de la mandíbula hace girar al hueso cuadrado, empujando el arco yugal y al hueso palatino rostralmente, elevándose también la porción premaxilar y nasal (Dyce *et al.*, 1999).

Húmero

Es el hueso mayor del ala, se articula proximalmente con el cinturón torácico en la fosa glenoidea por su cabeza grande y convexa (Feduccia, 1982). Es robusto y aplanado en sus dos

extremos. A nivel proximal presenta los tubérculos dorsal y ventral, y cerca de este último se encuentra un orificio neumático, el cual permite la penetración del saco aéreo claviclar. Sobre la cresta deltoides se insertan los músculos pectorales, que son los más importantes en el vuelo, y actúan deprimiendo al humero. Distalmente, el humero se articula con el radio y el cubito, mediante dos cóndilos (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999).

Esternón

Es un gran hueso no segmentado, que con sus largas apófisis forma una parte considerable de la pared corporal ventral. Constituye una amplia zona de fijación de los músculos necesarios para el vuelo (Dyce *et al.*, 1999). Presenta una quilla (carina), dirigida ventralmente, muy destacada en las aves voladoras, mientras que en otras especies es mucho menos prominente pero compensada por la mayor anchura del esternón. El punto más craneal de la quilla del esternón se conoce como el vértice carinal (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999).

Hay una gran variación en el borde caudal del esternón, ya que algunas poseen dos escotaduras, mientras que otros tienen bordes caudales más sólidos con pocas aberturas o son totalmente sólidos. En la superficie dorsal del esternón existen varios forámenes, a través de los cuales los sacos aéreos se comunican con el interior. Cranealmente, el esternón se proyecta lateralmente con un par de apófisis esternocoracoidales y, medialmente, existe una proyección ósea simple que es la espina manubrial. (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999).

Fémur

El fémur de las aves se parece al de los mamíferos en su morfología general. Su extremo proximal es palpable y presenta un trocánter muy prominente, lateral a su cabeza. En su extremo distal posee un surco grande (surco patelar) que acomoda al hueso sesamoideo patelar (hueso de la rodilla), además exhibe dos cóndilos que se articulan con el tibiotarso y el peroné (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999).

Pelvis

La pelvis ósea está formada por los huesos coxales y el sinsacro (prolongación del sacro por la incorporación adicional de vértebras caudales y lumbares completa o parcialmente fusionadas).

El cinturón pelviano está formado por la fusión de tres huesos separados en el embrión: ilion, isquion y pubis. El ilion también se une al sinsacro. Los huesos púbicos están dirigidos caudalmente y unidos cranealmente con el isquion, se quedan libres caudalmente pero se unen al isquion mediante una membrana fuerte. Cranealmente hay un espacio de separación entre hueso púbico e isquion llamado foramen obturador. El foramen ilioisquiático está presente entre el isquion y el ilion. El acetábulo, que se asienta entre el ilion y el isquion, está perforado y se acomoda a la cabeza del fémur (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982).

Ilion e isquion se unen para formar el acetábulo, que está perforado. Caudodorsalmente a este, una apófisis roma (antitrocánter) se articula con el trocánter del fémur y limita la abducción. Los coxales no se unen ventralmente para formar una sínfisis y la amplia separación entre ellos favorece el paso de los huevos (Sisson y Grossman, 1973; Feduccia, 1982; Dyce *et al.*, 1999).

4. Osteología comparativa: aplicación potencial en la identificación forense de aves comúnmente traficadas

Es esencial durante cualquier investigación forense de vida silvestre poder identificar la especie en cuestión, ya que la legislación se aplica a determinadas especies. Entre las formas de identificación de especies se encuentra: i) el uso de técnicas moleculares, como la reacción antígeno-anticuerpo, reacción en cadena de la polimerasa, hibridación de DNA, entre otras; ii) morfología del animal en un espécimen completo o partes de él como huesos, cuernos, astas, dientes, pieles o fibras, y en caso de aves también se utilizan plumas y huevos (DEFRA, 2005; Johnson, 2012). La identificación morfológica es a menudo el primer paso para determinar con qué especie se está tratando (Sellar, 2009). Por ejemplo, un examen morfológico es generalmente suficiente para identificar un hueso y determinar si correspondía a un hipopótamo, mamut o elefante, pero no para diferenciar entre los elefantes asiáticos y africanos. Como las dos especies de elefantes se enumeran en la legislación CITES, es fundamental definir la especie a la que pertenecen los restos, por lo que el conocimiento taxonómico es esencial para la identificación de ellas y según esto se analizan los cargos que pueden o no establecerse (DEFRA, 2005; Johnson, 2012).

La antropología forense es la rama de las ciencias forenses que estudia las particularidades anatómicas de los hombres, vivos o muertos, intactas o fragmentados con el objetivo de determinar el perfil biológico (especie, edad, sexo, ascendencia, habilidades manuales y la altura), así como la causa y la naturaleza de la muerte para resolver cuestiones jurídicas (Ferreira *et al.*, 2013). La osteología comparada, ha sido utilizada por la antropología forense para la identificación de personas no sólo en casos particulares, sino también en crímenes de guerra y desastres masivos (Cattaneo, 2007), como el estudio de Rainio *et al.*, (2001), que investigaron restos óseos de una fosa común en Kosovo. Por ejemplo, como señalan Duray *et al.*, (1999), es posible la identificación forense de la raza a partir del esqueleto de una persona, mediante la variación en los procesos espinosos de las vértebras cervicales. Otros estudios relacionados son la evaluación de huesos quemados de Uberlaker (2009), o la determinación del sexo a través del estudio de cráneos de Ramsthaler *et al.*, (2010). Adicionalmente a los usos que tiene en la medicina humana forense, el estudio de osteología para la identificación se puede usar en otras ramas del conocimiento, como son la paleontología, donde se pueden encontrar estudios de los dientes para identificación (Smith *et al.*, 2005), hasta estudios de fósiles completos de dinosaurios como los trabajos de Wilson (1999), Chiappe *et al.*, (2001) y Evans *et al.*, (2005), además de la evaluación de otras especies prehistóricas como el estudio de Palmsqvist *et al.*, (2007) quienes analizaron la diversidad del *megantereon* (especie de felino extinto) a través del estudio de sus colmillos o la identificación de fósiles de anuros a través del análisis del ilion (Bever, 2005).

En osteología forense humana, la primera pregunta es: ¿es humano?, esta es una pregunta simple y por lo general se contesta por exclusión, mientras que la identificación de animales es más difícil de hacer porque hay múltiples posibilidades (Bell, 2011). Como regla general, los fragmentos óseos de animales, sobre todo si son de las extremidades e incluyen una superficie articular, permiten identificar la familia y a menudo el género y especie (Cooper y Cooper, 2007). Hay algunas especies, sin embargo, que no se puede diferenciar usando métodos morfológicos anatómicos (Bell, 2011). Así mismo, la identificación de los huesos de especies estrechamente relacionadas y de tamaño similar es siempre un problema. Una identificación fiable siempre debe basarse en una colección comparativa, pero en el caso de las especies estrechamente relacionadas se necesitan, al menos, unos pocos ejemplares de cada especie. Las

pequeñas diferencias funcionan bien y nos permiten diferenciar las dos especies. Las guías para la identificación de los restos de animales suelen ser útiles, pero rara vez evalúan la variabilidad intraespecífica, por lo que el investigador puede encontrar ejemplares atípicos, dificultando su identificación (Bochenski, 2008).

La morfología mediante anatomía comparativa, permite identificar piezas y productos de vida silvestre. Características morfológicas compartidas cuantitativas y/o cualitativas son utilizadas para definir grupos taxonómicos, como familias, géneros y especies. Frente a un caso de identificación mediante morfología, el analista deberá comparar similitudes entre el elemento y pruebas de ejemplares de especies de origen conocido, utilizando información adicional de referencias científicas. En el sitio de suceso, en ausencia de materiales físicos de referencia comparativos, deben ser utilizados datos métricos y no métricos (por ejemplo, descripciones anatómicas y guías de identificación osteológicas). La interpretación de los datos debe seguir la jerarquía de la taxonomía (SWGILD, 2012). La mayoría de las partes de esqueletos de aves se pueden identificar por lo menos a nivel de la familia, incluso utilizando elementos aislados. Sin embargo, la identificación más precisa depende de la presencia de rasgos distintivos en los huesos, siendo los de las extremidades, el cráneo, la pelvis, el esternón y la cintura escapular los más adecuados para la identificación, e incluso estos huesos incompletos pueden dar buenos resultados (DEFRA, 2005; Johnson, 2012). Mediante un material bien conservado, la mayoría de los especímenes se puede identificar a nivel de género, y con frecuencia a las especies. Por lo general, tendrá que ser realizado por personal especializado con acceso a una colección de referencia donde es recomendable que sea utilizado material de referencia de alta calidad como colecciones de museo. Sin embargo, en relación con investigaciones concretas es posible producir claves de identificación ilustradas que se pueden utilizar en el campo por personas con menos experiencia como una ayuda para la evaluación y la incautación inicial (DEFRA, 2005; Johnson, 2012). Ejemplo de esto es la guía de identificación de rapaces ibéricas por resto óseos de García (2013), quien generó una guía con las medidas de cada hueso por especie, donde se determinó el intervalo de valores entre los que se encuentran, es decir, un rango desde el más pequeño al más grande. También, como menciona García (2013), se debe tener en cuenta que los huesos sufren transformaciones con la edad, algunas características que parecen muy evidentes en un ejemplar se modifican y no lo son tanto para otros congéneres más viejos o más jóvenes.

Por lo tanto hay que descartar, un carácter etario o propio de cada individuo y no de especie, por ejemplo, la *fenestra medialis*, que corresponden a agujeros presentes cerca del borde caudal del esternón, los que pueden estar cerrados o abiertos dependiendo de la edad o del individuo.

Aparte de los datos cuantitativos es posible distinguir las diferentes especies por caracteres cualitativos exclusivos, como por ejemplo, en el cráneo, la quilla y el coxal que presentan características morfológicas cualitativas que permiten distinguir entre especies sin necesidad de realizar mediciones (García, 2013). Así también, se encuentra la clave osteológica para la identificación de passeriformes ibéricos de Moreno (1985), donde se indica que su esqueleto posee una serie de rasgos anatómicos y morfológicos, que los hacen especialmente adecuados para la identificación familiar, genérica y específica. Aunque la mayoría se localizan en el cráneo, algunos huesos postcraneales son, en ocasiones, tan significativos que pueden por sí solos permitir la determinación de un resto óseo.

El presente trabajo tiene como finalidad aportar nuevos conocimientos e información relevante sobre características morfológicas de osamentas, correspondientes a diferentes especies de aves brasileñas, que son frecuentemente víctimas del tráfico en dicho país, con el fin de ser usado como una herramienta forense que ayude en la identificación de restos óseos en terreno.

OBJETIVO GENERAL

Describir y comparar las características anatómicas diferenciales de los huesos de *Amazona aestiva*, *Ara ararauna*, *Ara chloroptera* y *Ara macao*, que contribuyan a la identificación de cada una de estas especies en casos de tráfico de aves en Brasil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características anatómicas del cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de amazonia frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo rojo (*Ara chloroptera*) y guacamayo escarlata (*Ara macao*)
- Comparar las características diferenciales morfológicas específicas entre los huesos de cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur, de amazonia frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*) y guacamayo escarlata (*Ara macao*), que permitan la identificación de ellas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se analizaron osamentas de cuatro especies de aves comúnmente traficadas (Figura 1), que corresponden a: amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escaarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*). Estas especies corresponden a la familia psittacidae, una de las familias mayormente traficadas en Brasil, incorporadas en CITES apéndice II, excepto el guacamayo escaarlata que pertenece al apéndice I (CITES, 2016).



Figura 1. A. *Amazona aestiva* (Amazona frentiazul), B. *Ara ararauna* (Guacamayo azul amarillo), C. *Ara chloroptera* (Guacamayo rojo), D. *Ara macao* (guacamayo escaarlata).

Los huesos que se utilizaron en esta memoria corresponden a cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de las cuatro especies, los que fueron facilitados por el Museo de Ciencias Naturales de la Pontificia Universidad Católica de Minas Gerais, Brasil. Se utilizaron

tres ejemplares de *amazona aestiva*, cuatro ejemplares de *ara ararauna*, tres ejemplares de *ara chloreoptera* y tres ejemplares de *ara macao*, según calidad y disponibilidad del material, los cuales con anterioridad fueron identificados por estudios genéticos realizados por profesionales de la misma institución.

Los huesos serán registrados mediante fotografías con cámara digital Nikon D60 ®, utilizando un testigo métrico (en centímetros) y luz artificial. El hueso se dispondrá sobre un fondo de tela negra, para facilitar su posterior manejo fotográfico. Las fotografías serán editadas con programa Photoshop Element 6.0 ®, permitiendo un mejor contraste de las estructuras facilitando el análisis y descripción de ellas.

Objetivo específico 1:

Describir las características anatómicas del cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*).

Para cumplir con este objetivo se utilizó la Nomenclatura Anatómica Veterinaria Ilustrada (Schaller, 1996) y la Nómina Anatómica Aviar (Baumel, 1993).

Se realizó un análisis descriptivo de las características morfológicas de los huesos de cada una de las especies en estudio proporcionando información sobre su forma general y presencia/ausencia de estructuras o formas diferenciales, ya que son las que proporcionan un diagnóstico de las especies como lo señalan algunos autores (Bochenski, 2007; Bell, 2011).

Debido a que no todas las estructuras señalizadas en la fotografía presentan diferencias entre especies de aves, solo se describirán aquellas en las que se observen variaciones en tamaño, forma o presencia/ausencia que permitirán su posterior comparación. Solo se nombrarán el resto de estas estructuras que no presentan variaciones interespecie, para conocimiento general. Por tanto:

- En cráneo se describirán: la abertura nasal, hueso prefrontal, arco suborbital, proceso postorbital, proceso cigomático del temporal.

- En mandíbula se describirán: rostrum mandibular, agujero neumático, fosa de acceso al cana mandibular.
- En húmero se describirán: tubérculo dorsal, cóndilo dorsal, incisura intercondilar, cóndilo ventral, fosa del musculo braquial, incisura de la cabeza, tubérculo ventral, fosa olecraneana, surco escapulo-tricipital.
- En esternón se describirán: rostrum esternal, agujero neumático, pilar costal, fenestra esternal, apófisis craneolateral, trabécula lateral y mediana, surco articular del coracoides, carina esternal.
- En pelvis se describirán: eje púbico, fosa renal, agujero obturador, ala preacetabular y postacetabular, ala isquiática, apófisis isquiática terminal, agujero acetabular, agujero ilioisquiático, cresta dorsolateral del ilion, espina dorsolateral del ilion.
- En fémur se describirán: cara articular antitrocantérica, tróclea fibular, línea intermedia craneal, cóndilo medial y lateral, fosa trocantérica, cresta trocantérica, trocánter femoral.

Objetivo específico 2:

Comparar las características diferenciales morfológicas específicas entre los huesos de cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*) que permitan la identificación de ellas.

Para este objetivo se utilizó como ejemplo la "Clave para la identificación de los passeriformes del noroeste patagónico en base a la osteología craneal" (Seijas y Tejo, 2011) y la "Guía de identificación de rapaces ibéricas por restos óseos" (García, 2013).

Las estructuras óseas (de cada hueso) que presentaron características distintivas se resaltaron indicando su nombre y la particularidad que las diferencia de las otras especies, cuando existieron.

Con los resultados obtenidos, se realizó una tabla comparativa de las cuatro especies, para cada estructura anatómica, con el propósito de que sirvieran como una guía de identificación, para ser utilizada en terreno en el sitio de suceso.

RESULTADOS

Objetivo específico 1. Describir las características anatómicas del cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*).

1.1. *Amazona aestiva* (Amazona frentiazul)

1.1.1. Cráneo

El cráneo presenta una convexidad transversal (Fig. 2 A y B), excepto a nivel frontal donde es más aplanada. El pico (Fig. 2 A y C) presenta una convexidad transversal y desde la articulación frontonasal (base) presenta una convexidad en su borde dorsal en toda su longitud, en su porción distal (vértice), se proyecta ventralmente.

Presenta 2 narinas (Fig. 2 A y C, número 2), de gran tamaño ubicadas en el pico, en su base y a ambos lados de su borde dorsal. Presentan una forma elíptica con su eje longitudinal en disposición oblicua latero-medial. En su visión dorsal (Fig. 2 C, número 2), presentan una disposición oblicua, cuyo eje longitudinal se dispone caudo-craneal latero-medial. El tabique nasal forma un piso en ellas, dando una apariencia de tubo con dirección caudomedial.

La órbita, es cerrada, delimitada caudalmente por el hueso postorbital (figura 2 A, número 5), que se dispone en forma dorso-ventral y levemente caudo-craneal para unirse con el arco suborbital (figura 2 A, número 4), el cual en su porción caudal forma un ángulo convexo superior a 90°, por su borde externo. El arco suborbital es aplanado latero-lateralmente, originando un borde ventral y dorsal. En su porción craneal sufre una rotación quedando su borde dorsal en posición lateral y su borde ventral en posición medial.

El proceso cigomático del temporal (figura 2 A, número 6), es una estructura que se proyecta caudo-ventralmente desde el hueso temporal, paralelo y caudal al proceso postorbital y hasta la altura del ángulo formado por el postorbital y arco suborbital. Es de forma rectangular, en la mayor parte de su extensión, finalizando en su extremo distal de forma roma.

Por la visión caudal, se puede apreciar el cóndilo occipital (Fig. 2 B, número 11) ubicado en el borde ventral del foramen magno (Fig. 2 B, número 10), y la cresta nugal transversa (Fig. 2 B, número 8) se encuentra bien delimitada.

El la visión dorsal, se observa como el hueso prefrontal (figura 2 C, número 3), se proyecta lateralmente, y una porción del dirige ventralmente hacia el encuentro con del hueso suborbital formando un vértice agudo.

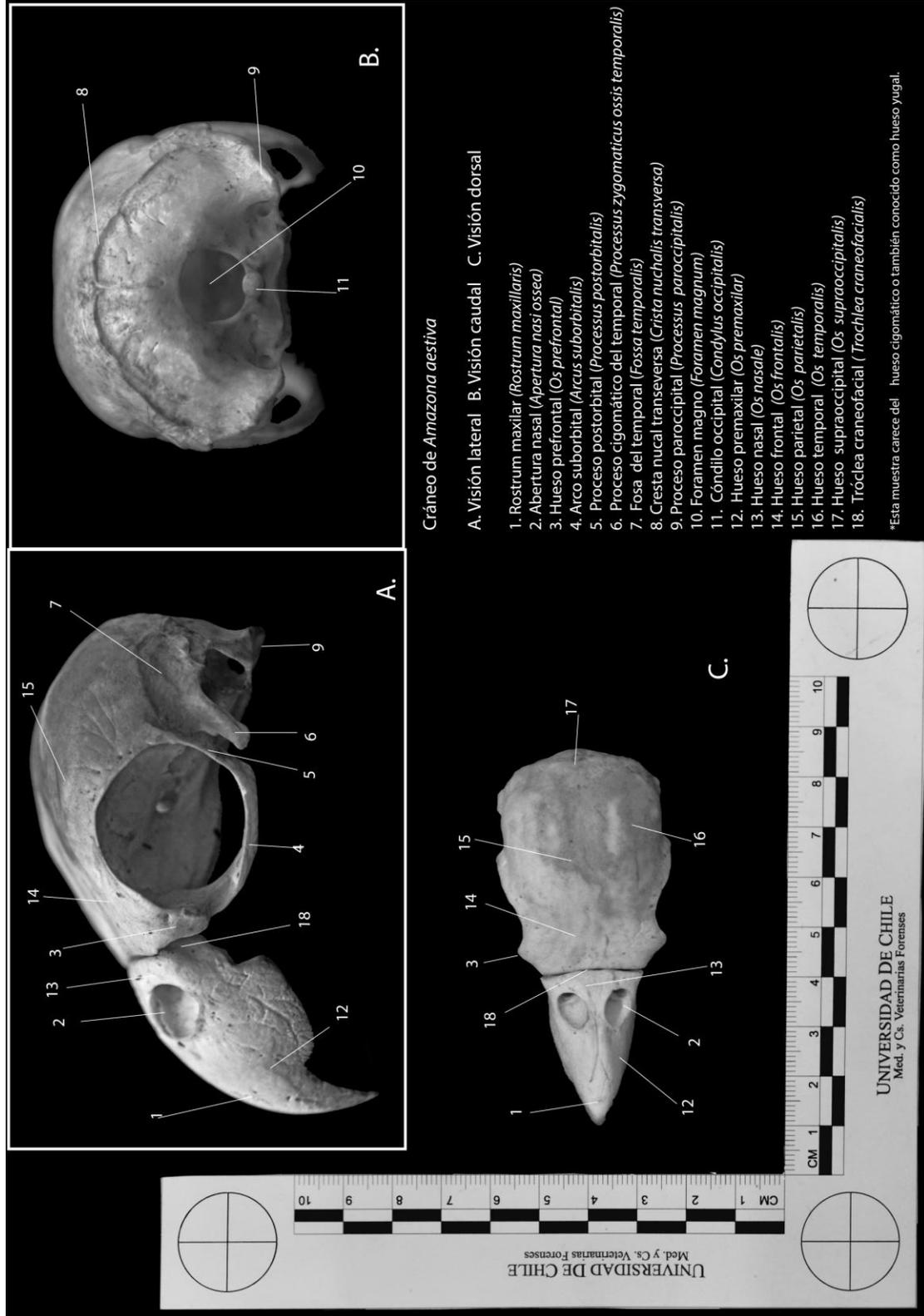


Figura 2. Vistas de cráneo de *Amazona aestiva*.

1.1.2. Mandíbula

Está formada por la rama mandibular izquierda y derecha unidas por los elementos sinfisiarios, formando el rostrum mandibular (Fig. 3 A, número 1). Este último, por la visión dorsal y lateral, posee una forma alargada con proyección rostral y borde convexo.

Ambas ramas mandibulares por su cara medial, en su porción craneal, presentan la fosa de acceso al canal mandibular (Fig. 3 B, número 6) y en su porción caudal los agujeros neumáticos (Fig. 3 B, número 2).

Por la visión lateral, se observa que las láminas óseas que forman la mandíbula son más anchas en su porción craneal que caudal (Fig. 3 C).

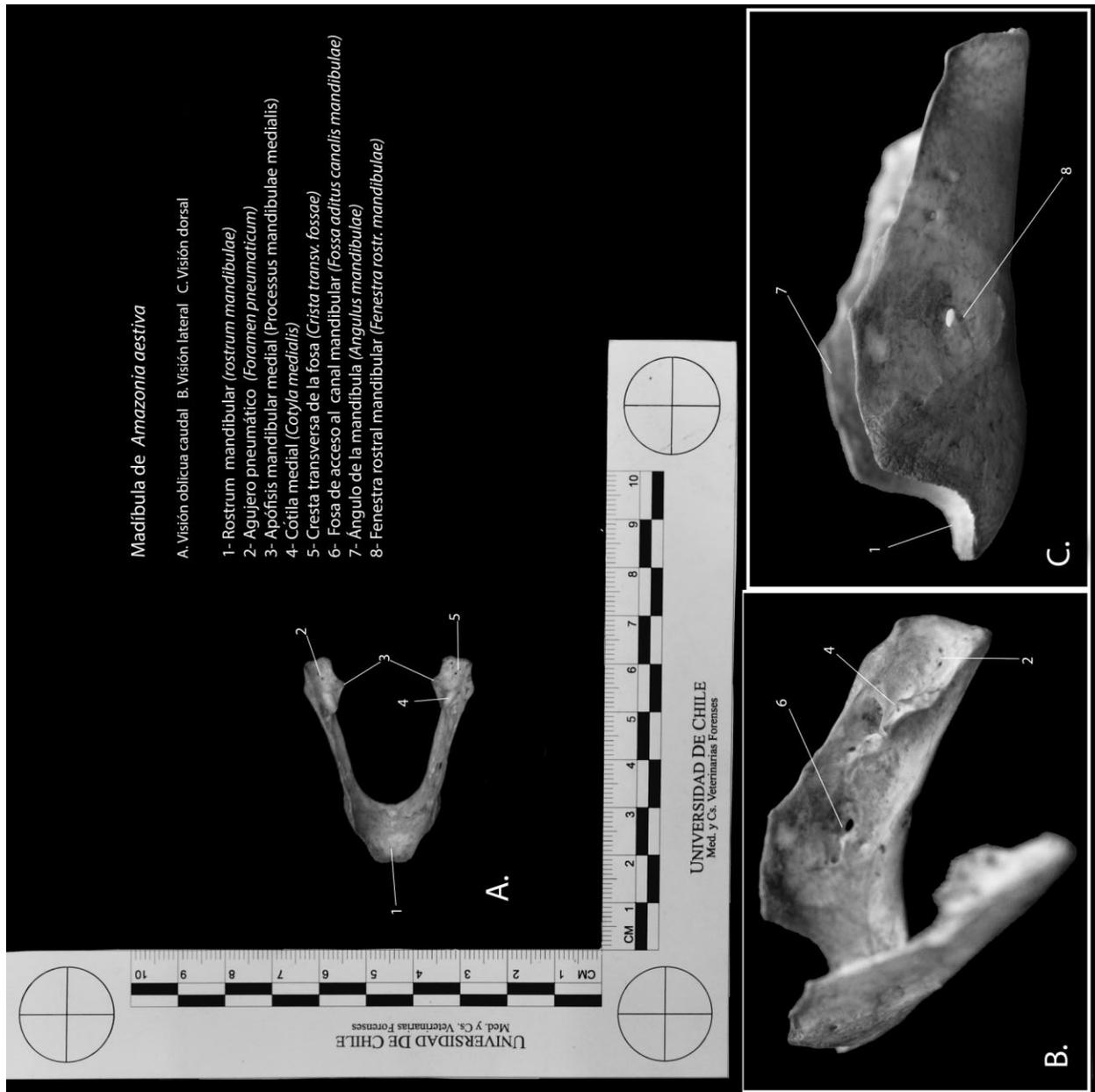


Figura 3. Vistas de mandíbula de *Amazona aestiva*.

1.1.3. Húmero

Es un hueso largo que presenta en su epífisis proximal una cabeza y un tubérculo dorsal y ventral (Fig. 4 A y B, números 2 y 11), éstos dos últimos se disponen por la cara caudal de este hueso, arriba y debajo de la incisura de la cabeza del húmero (Fig. 4 B, número 10), respetivamente. La incisura de la cabeza del húmero presenta una posición relativamente transversal al eje longitudinal del hueso.

En la epífisis distal, por su cara craneal, se observa dos cóndilos; el cóndilo dorsal (Fig. 4 A, número 4) de forma semiesférica, y el ventral (Fig. 4 A, número 6) aplastado cráneo-caudalmente, junto a una incisura intercondilar (Fig. 4 A, número 5). Craneal a esta última y en forma levemente marcada encontramos a la fosa del músculo braquial (Fig. 4 A, número 8). Por su cara caudal, en posición ventro-medial se encuentra el proceso flexor y el surco escapular tricipital (Fig. 4 B, números 14 y 16 respectivamente), entre los cuales se puede observar la fosa olecraneana (Fig. 4 B, número 15).

Húmero de *Amazona aestiva*

- A. Húmero derecho visión craneal
 B. Húmero derecho visión caudal

- 1- Cabeza del húmero (*Caput humeri*)
- 2- Tubérculo dorsal (*Tuberculum dorsale*)
- 3- Cresta deltoidea (*Crista deltopectoralis*)
- 4- Cóndilo dorsal (*Condylus dorsalis*)
- 5- Incisura intercondilar (*Incisura intercondylaris*)
- 6- Cóndilo ventral (*Condylus ventralis*)
- 7- Epicóndilo ventral (*Epicondylus ventralis*)
- 8- Fosa del músculo braquial (*Fossa m. brachialis*)
- 9- Intumescencia humeral (*Intumescencia humeri*)
- 10- Incisura de la cabeza (*Incisura capiti*)
- 11- Tubérculo ventral (*Tuberculum ventrale*)
- 12- Agujero neumático tripital (*Fosa pneumaticotripitalis*)
- 13- Cresta bicipital (*Crista bicipitalis*)
- 14- Apófisis flexora (*Processus Flexorius*)
- 15- Fosa olecraniana (*Fossa olecrani*)
- 16- Surco escapulo tripital (*Sulcus scapulotripitalis*)

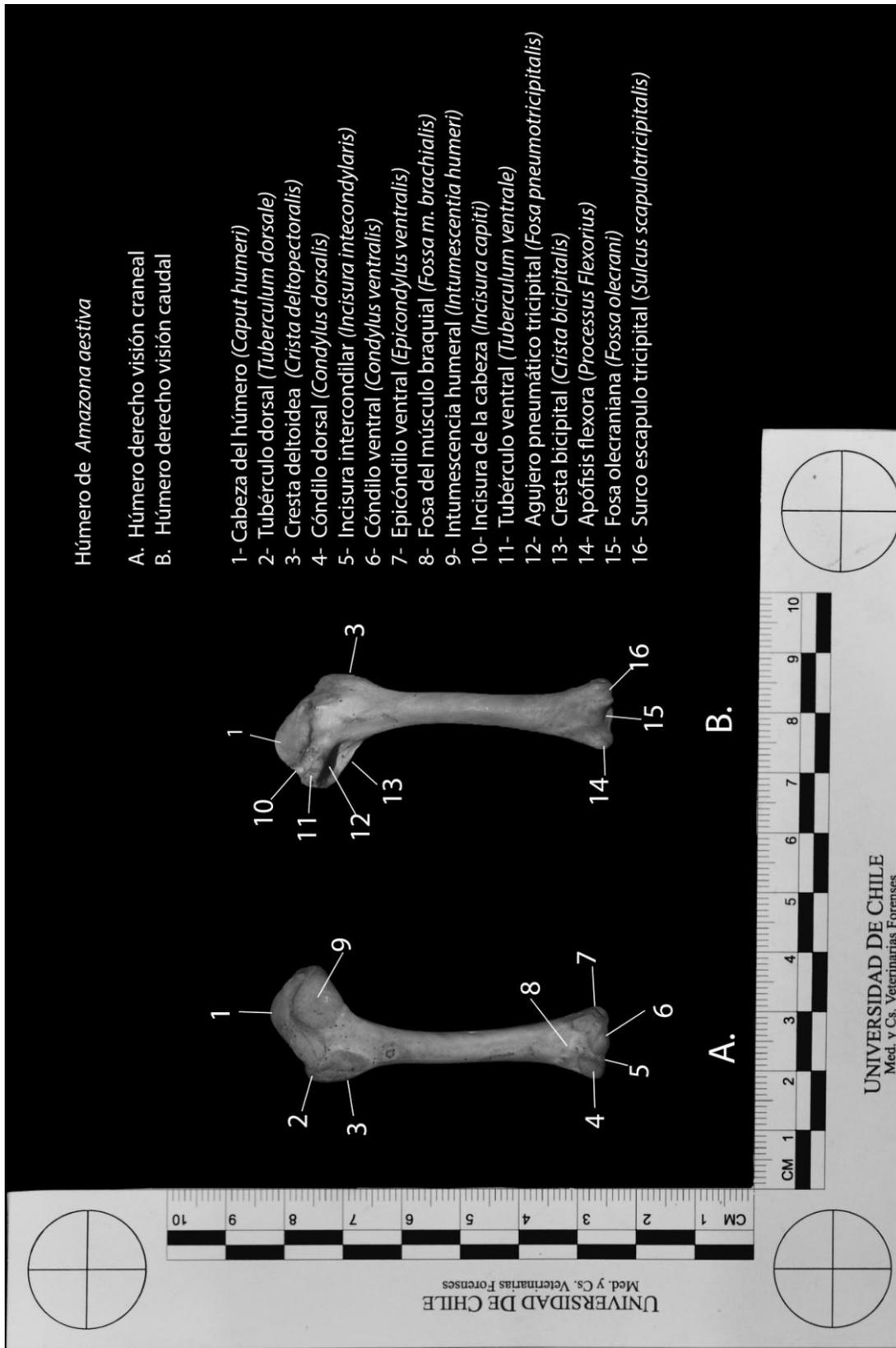


Figura 4. Vistas de húmero de *Amazona aestiva*.

1.1.4. Esternón

El esternón es un hueso plano, que forma parte de la pared ventral del tórax, con una quilla destacada (amplia) y una estructura de forma convexa en su extremidad craneal denominada ápice carinal (Fig. 5 A, número 13). Presenta procesos costales (Fig. 5 A y B, número 3), los que son visibles tanto por visión dorsal como lateral.

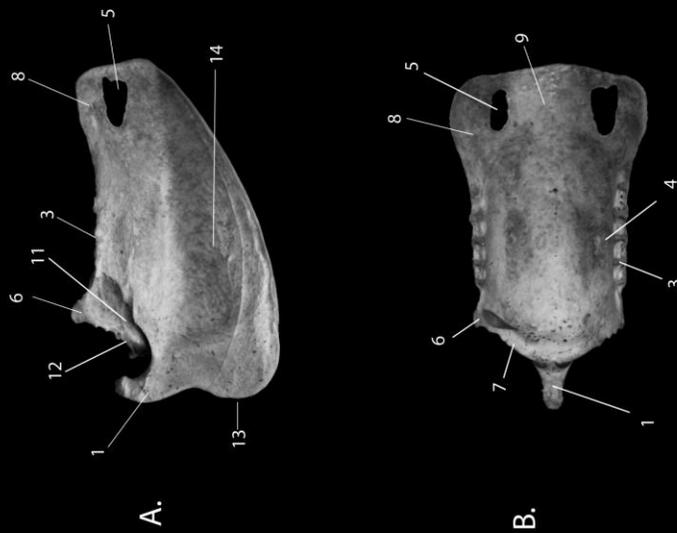
En su vista lateral, presenta en su extremo craneal el rostrum esternal (Fig. 5 A, número 1) simple con dirección inicialmente dorsal y caudal en su porción terminal, el cual es de forma aguzada, hecho que se destaca en la visión dorsal (Fig. 5 B).

En su visión dorsal se presentan las apófisis craneolaterales (Fig. 5, número 6) desde los cuales nacen los pilares coracoides (Fig. 5, número 7), los que se reúnen hacia el centro del esternón, formando un borde craneal convexo, ventral a ellos se ubica el surco articular del coracoides (Fig. 5, número 11).

En la porción caudal del esternón se origina la rama dorso-lateral denominada trabécula lateral (Fig. 5 B, número 8), y la rama ventro-medial (Fig. 5 B, número 9), denominada trabécula mediana, las cuales se unen luego de un trayecto para originar las fenestras esternales (Fig. 5 A y B, número 5).

Esternón de *Amazona aestiva*

A. Visión lateral izquierda B. Visión dorsal



1. Rostrum esternal (*Rostrum sterni*)
2. Agujero neumático (*Foramen pneumaticum*)
3. Apófisis costal (*Proceso costal*)
4. Pilar costal (*Pila costalis*)
5. Fenestra esternal (*Fenestra sterni*)
6. Apófisis craneolateral (*Processus cranoelateral*)
7. Pilar coracoides (*Pila coracoidea*)
8. Trabécula lateral (*trabecula lateralis*)
9. Trabécula mediana (*trabecula mediana*)
10. Margen caudal (*Margo caudalis*)
11. Surco articular del coracoides (*Sulcus artic. Coracoideus*)
12. Labio interno (*Labrum internum*)
13. Vértice de la carina (*Apex carinae*)
14. Carina o quilla esternal (*Carina sterni*)

1.1.5. Pelvis

Formado por los huesos ilion, isquion y pubis. El ilion está compuesto por las alas preacetabulares (Fig. 6, A, B y C, número 19) y postacetabulares (Fig. 6 A, B y C, número 7). En la vista ventral de este último, se pueden apreciar las fosas renales (Fig. 6 B, número 2).

El ilion, se encuentra delimitando dorsalmente el agujero ilioisquiático (Fig. 6 A, número 15), presentando en su porción caudal la cresta dorsolateral del ilion (Fig. 6 A, número 16), ligeramente circunscrita. Ésta se proyecta caudalmente formando la espina dorsolateral del ilion (Fig. 6 A, número 17), que es poco desarrollada y de forma roma.

La pelvis presenta un agujero acetabular (Fig. 6 A, número 13), el cual es perforado y enteramente delimitado. Caudal a este agujero, delimitado dorsal y ventralmente por el isquion y pubis, respectivamente, se encuentra el agujero obturador (Fig. 6 A, número 6), el que se proyecta hacia caudal entre ambos huesos.

En una vista lateral del isquion, éste se proyecta hacia caudal, originando el proceso terminal del isquion (Fig. 6 A, número 11), el cual es aguzado con dirección caudo-medial. El ala del isquion se caracteriza por presentar un borde dorsal convexo y curvo (Fig. 6 A y B, número 8).

El pubis (Fig. 6 A, B y C, número 1), con forma de varilla, se ubica ventral al isquion. En su porción craneal es aplastado dorso ventralmente y rota sobre su eje en su porción medial, quedando aplastado latero-lateralmente. En su extremo caudal se inflecta hacia medial.

El sinsacro, observable en la vista ventral y dorsal, posee una extremidad craneal (Fig. 6, B y C, número 3), la cual termina más caudal a las alas preacetabulares del ilion (Fig. 6 A y C, número 19). La extremidad caudal del sinsacro (Fig. 6 B y C, número 10) posee un borde liso con una proyección leve de sus vértices en dirección caudo-lateral.

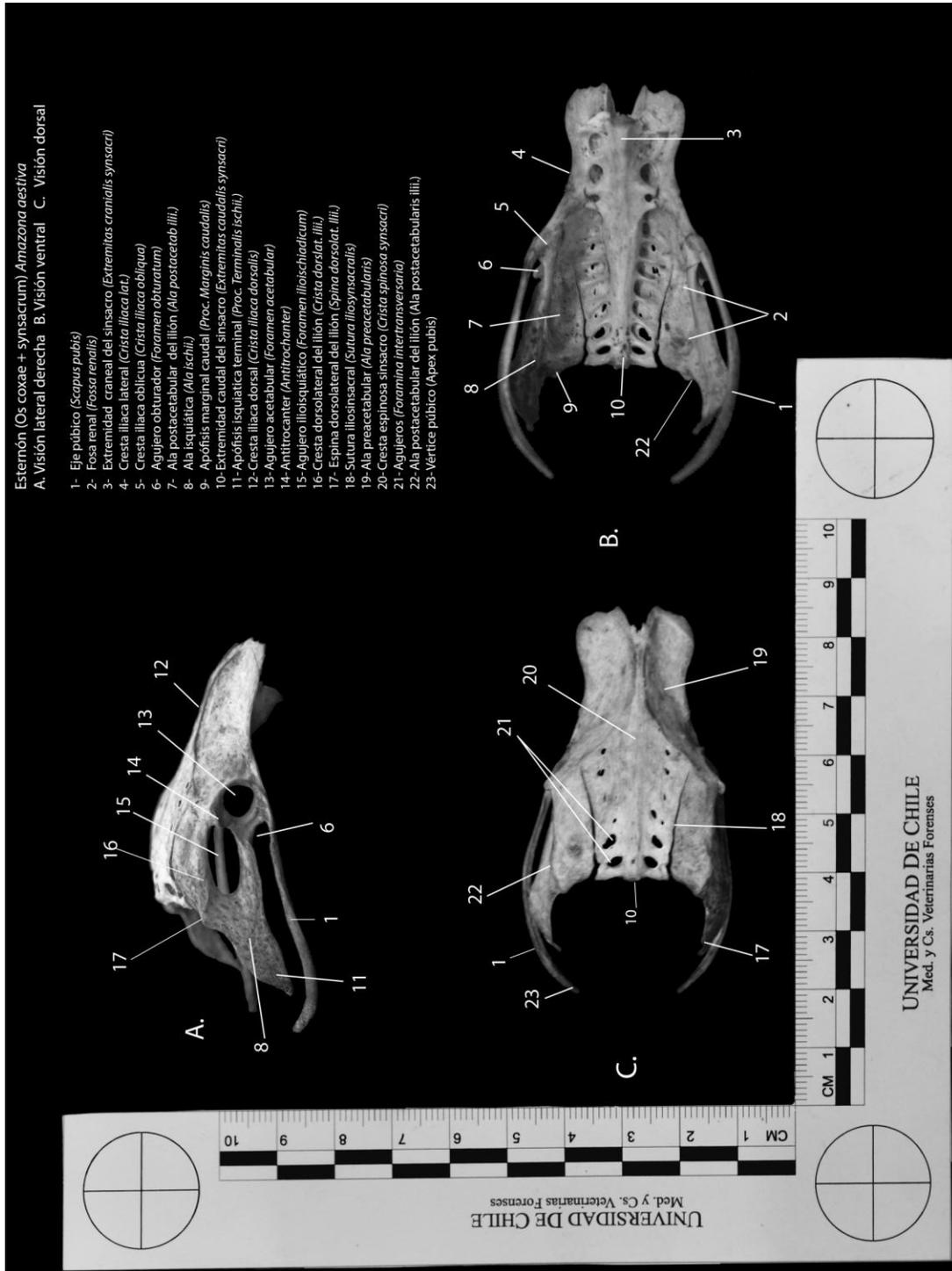


Figura 6. Vistas de pelvis de *Amazona aestiva*.

1.1.6. Fémur

La cabeza del fémur presenta una fosa y un cuello bien definido (Fig. 7 A, número 3), además de una cara articular antitrocantérica (Fig. 7 A, número 2), dispuesta entre la cabeza y el trocánter femoral (Fig. 7 B, número 14), la cual es cóncava. El trocánter femoral (Fig. 7 B, número 14) origina la cresta trocantérica (Fig. 7 B, número 12) en su proyección hacia la cara caudal. Ésta última, origina la fosa trocantérica (Fig. 7 B, número 13) medialmente, y la línea intermedia craneal (Fig. 7 A, número 6), cranealmente, proyectándose esta última hasta el tercio distal de la diáfisis.

La epífisis distal la tróclea femoral (Fig. 7 A, número 5), de posición craneal, consta de un labio lateral con dirección oblicua dorso-ventral medio-lateral y de mayor extensión dorsal, y el labio medial presenta una dirección vertical dorso-ventral medio-medial. Además presenta dos cóndilos de posición caudal, ambos de superficies lisas. El cóndilo medial (Fig. 7 B, número 9) es de mayor tamaño y de forma ovoide, con una inclinación dorso-ventral latero-medial, mientras que el cóndilo lateral (Fig. 7 B, número 10) es de menor tamaño, de forma ovoide y de menor ancho, con una ligera inclinación en el mismo sentido que el anterior.

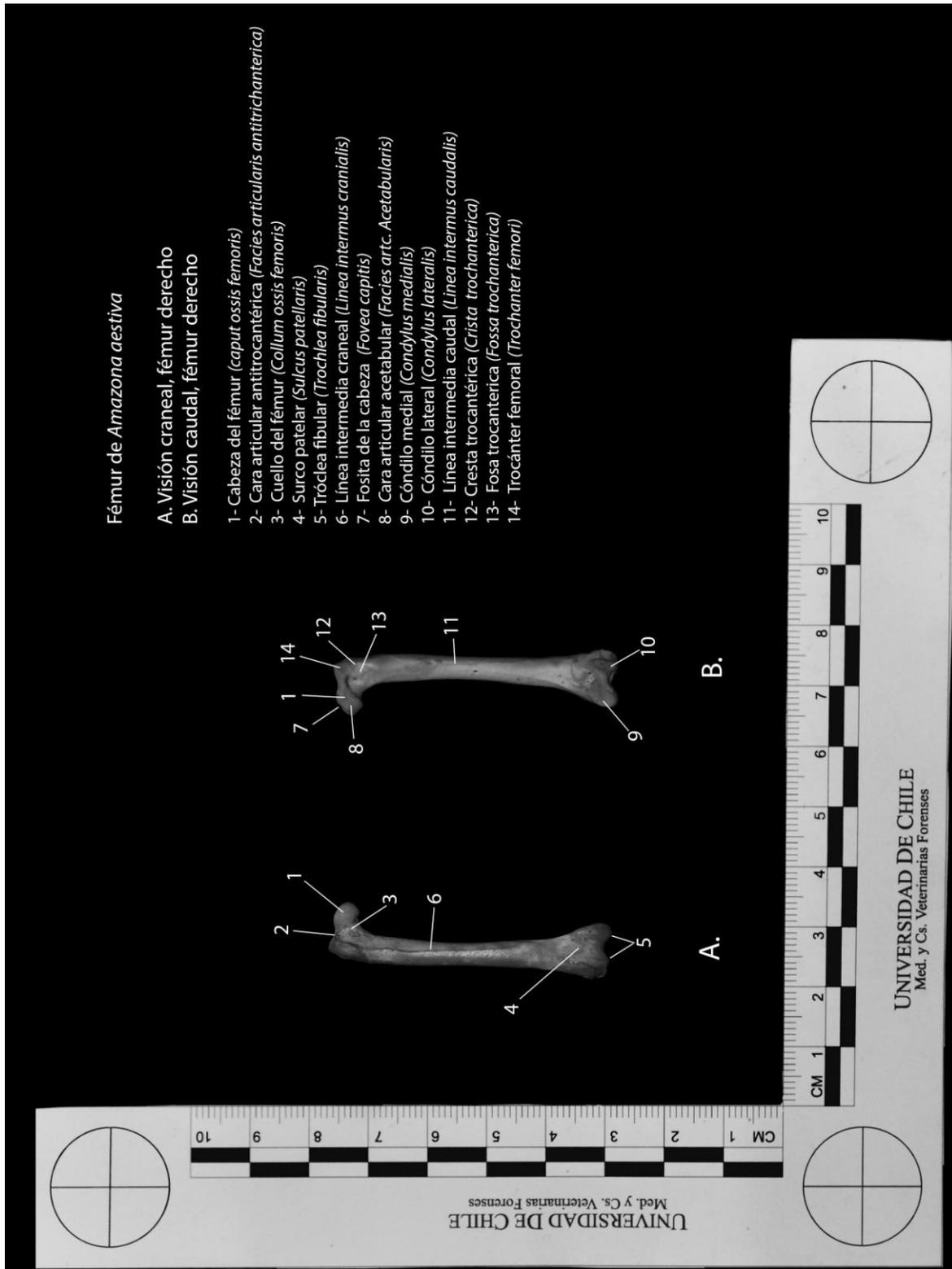


Figura 7. Vistas de fémur de *Amazona aestiva*.

1.2. *Ara ararauna* (Guacamayo azul-amarillo)

1.2.1. Cráneo

En su visión lateral presenta una convexidad transversal a lo largo de toda su extensión, con un ligero aplanamiento a nivel del hueso frontal (Fig. 8 A, número 14). El pico presenta una convexidad transversal desde la articulación frontonasal (base), borde dorsal en toda su longitud, hasta su vértice que se proyecta ventro-caudalmente.

Por la visión lateral se observa su órbita cerrada, la que se delimitada caudalmente por el hueso postorbital (Fig. 8 A, número 5) que se dispone en forma dorso-ventral y levemente caudo-craneal, y que se une insensiblemente con el arco suborbital (Fig. 8 A, número 4), el cual es aplanado latero-lateralmente en toda su extensión.

El proceso cigomático del temporal (Fig. 8 A, número 6) se proyecta cráneo-ventralmente desde el hueso temporal, paralelo y caudalmente al proceso postorbital. Es de forma ovoide, ligeramente aguzado en su borde ventral.

A nivel de la base y a ambos lados del borde dorsal del pico presenta 2 narinas (Fig. 8 A y C, número 2) de tamaño pequeño. En su visión dorsal (Fig. 8 B) se evidencia su disposición con su eje longitudinal de orientación caudo-craneal latero-medial.

El hueso prefrontal (Fig. 8 A, número 3) se sitúa craneal a la órbita, de aspecto aplanado latero-lateralmente, corroborándose este hecho, en la vista dorsal (Fig. 8 C).

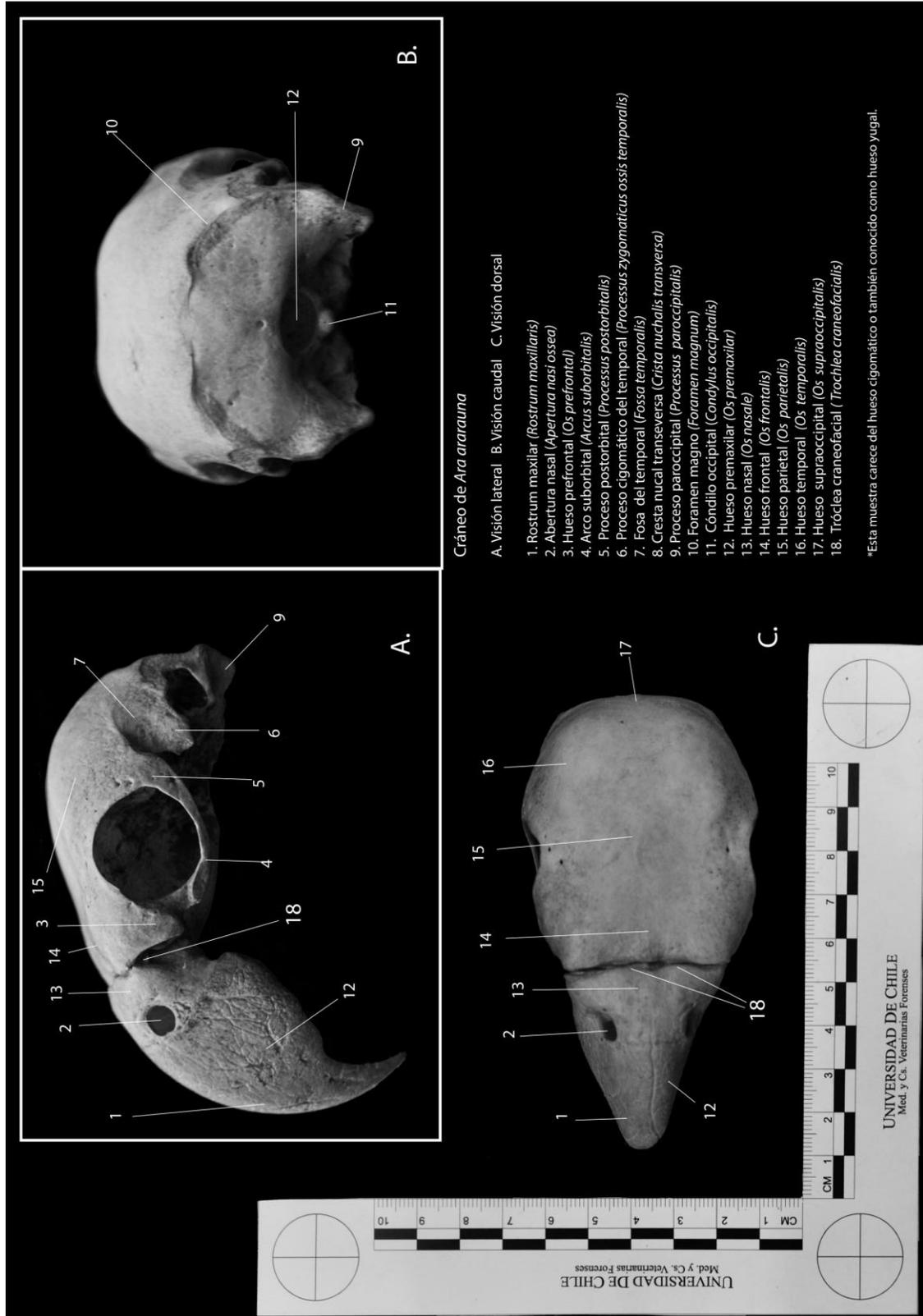


Figura 8. Vistas de cráneo de *Ara ararauna*.

1.2.2. Mandíbula

Está compuesta por dos láminas óseas, aplastadas latero-lateralmente en su mayor proporción, sufriendo una rotación interna a nivel craneal para unirse en la sínfisis mandibular con su opuesto y en donde se origina el rostrum mandibular (Fig. 9 A y C, número 1), que posee una leve proyección rostral y presenta bordes irregulares.

Por la cara medial de la mandíbula (Fig. 9 B), en su porción craneal, presenta la fosa de acceso al canal mandibular (Fig. 9 B, número 6) y en su porción caudal los agujeros neumáticos (Fig. 9 B, número 2).

En la visión lateral (Fig. 9 C), se observa que estas láminas poseen un mayor ancho en su porción craneal.

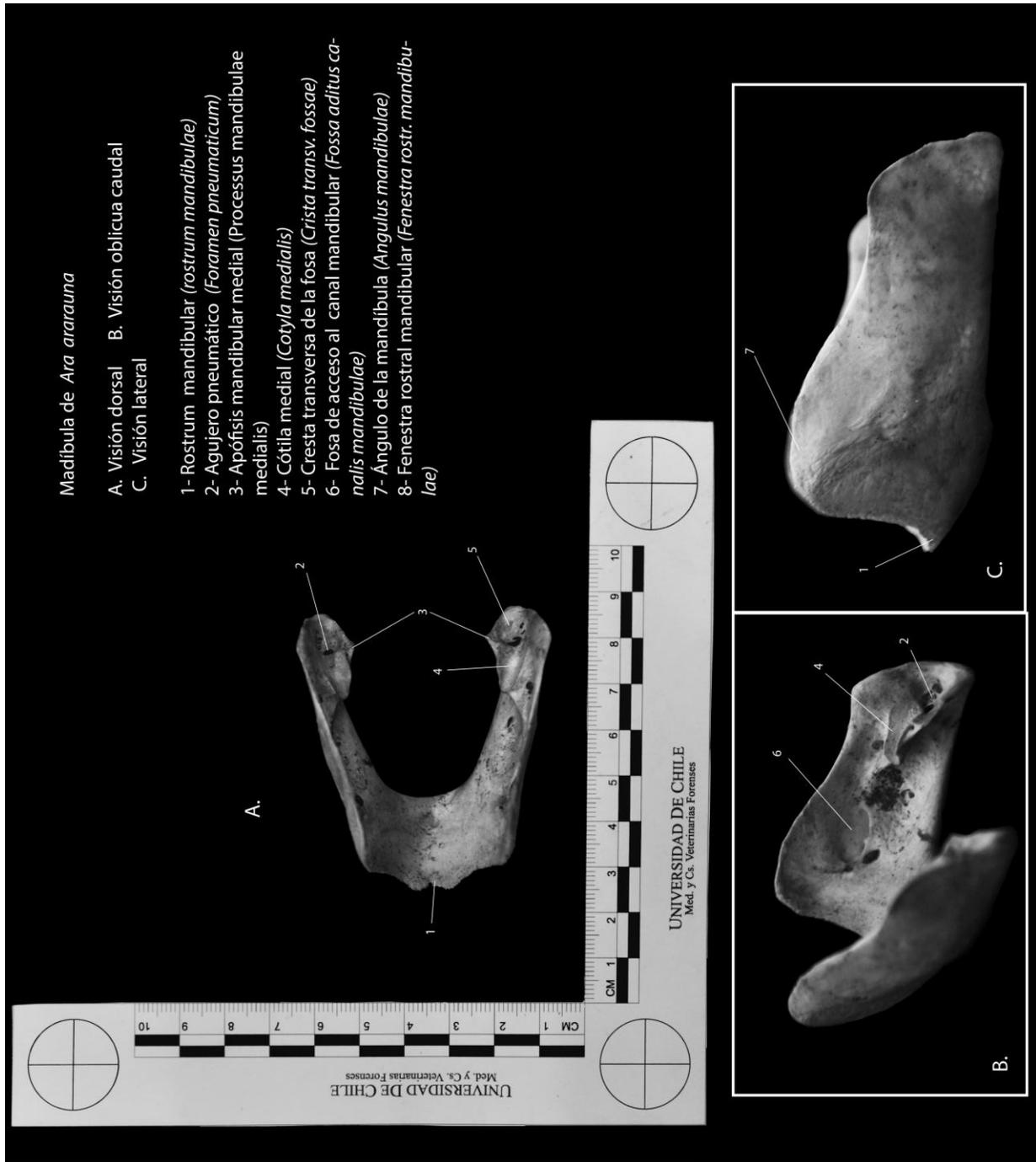


Figura 9. Vistas de mandíbula de *Ara ararauna*.

1.2.3. Húmero

Es un hueso largo que presenta en su epífisis proximal y por la cara caudal el tubérculo dorsal y ventral (Fig. 10 A y B, números 2 y 11), los que se sitúan arriba y abajo de la incisura de la cabeza del húmero (Fig. 10 B, número 10), respectivamente. Esta última se proyecta de forma oblicua al eje longitudinal del hueso.

En la epífisis distal, por su cara craneal (Fig. 10 A), se observan dos cóndilos, el dorsal (Fig. 10 A, número 4), de forma semiesférica y con una superficie articular dirigida dorso-lateralmente, y el cóndilo ventral (Fig. 10 A, número 6), mirando hacia distal con una incisura intercondilar (Fig. 10 A, número 5). Craneal a esta última y en forma marcada encontramos la fosa del musculo braquial (Fig. 10 A, número 8). En la visión caudal, en posición ventro-medial se encuentra el proceso flexor (Fig. 10 B, número 14), y el surco escapular tricipital (Fig. 10 B, número 16), de una profundidad relevante, entre los cuales se puede observar la fosa olecraneana (Fig. 10 B, número 15).

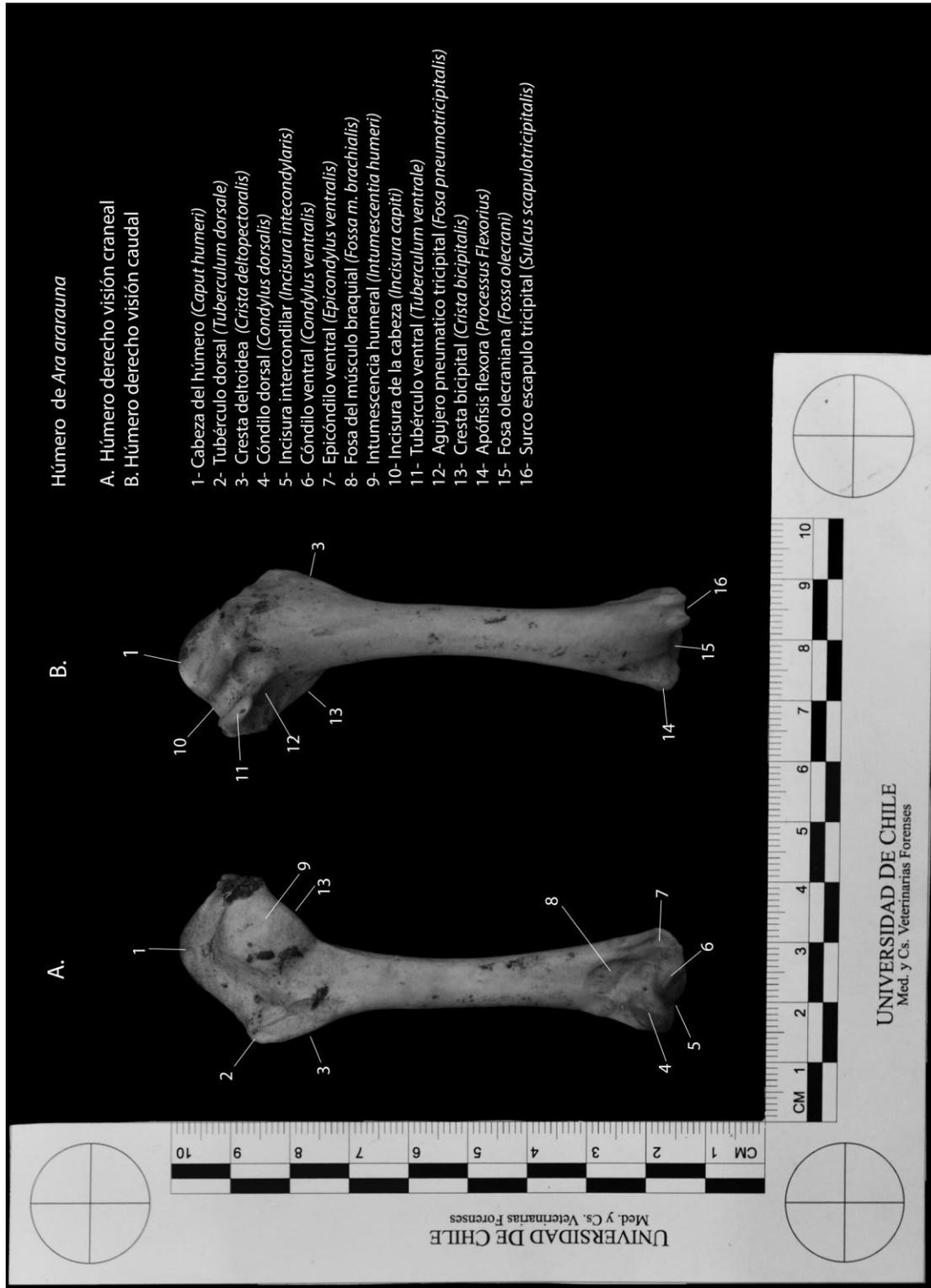


Figura 10. Vistas de húmero de *Ara ararauna*.

1.2.4. Esternón

El esternón es un hueso plano, con una quilla destacada (amplia) y una estructura de forma convexa en su extremo craneal denominada ápice carinal (Fig. 11 A, número 13). Presenta procesos costales (Fig. 11 A y B, número 3) que son visibles tanto por visión dorsal como lateral.

En su vista lateral (Fig. 10 A) se observa la extremidad craneal el rostrum esternal (Fig. 11 A y B, número 1). Éste es simple con dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal (Fig. 11 A, número 1), el que presenta una forma aguzada (visible por la visión dorsal).

En su visión dorsal se presentan los procesos craneolaterales (Fig. 11 B, número 6) desde los cuales nacen los pilares coracoides (Fig. 11 B, número 7) de aspecto curvilíneo, que se proyectan desde su punto de encuentro en la línea media del esternón hacia caudal a ambos lados del plano mediano, entre ambas proyecciones y a nivel de la línea media, se encuentra el agujero neumático (Fig. 11 B, número 2). Dorsal a los pilares coracoides se forma el surco del coracoides (Fig. 11 A, número 11).

En la porción caudal del esternón se origina una rama dorsolateral denominada trabécula lateral (Fig. 11 A, número 8) y la otra rama ventromedial, denominada trabécula mediana (Fig. 11 B, número 9), las cuales se unen luego de un trayecto para originar las fenestra esternal (Fig. 11 B, número 5).

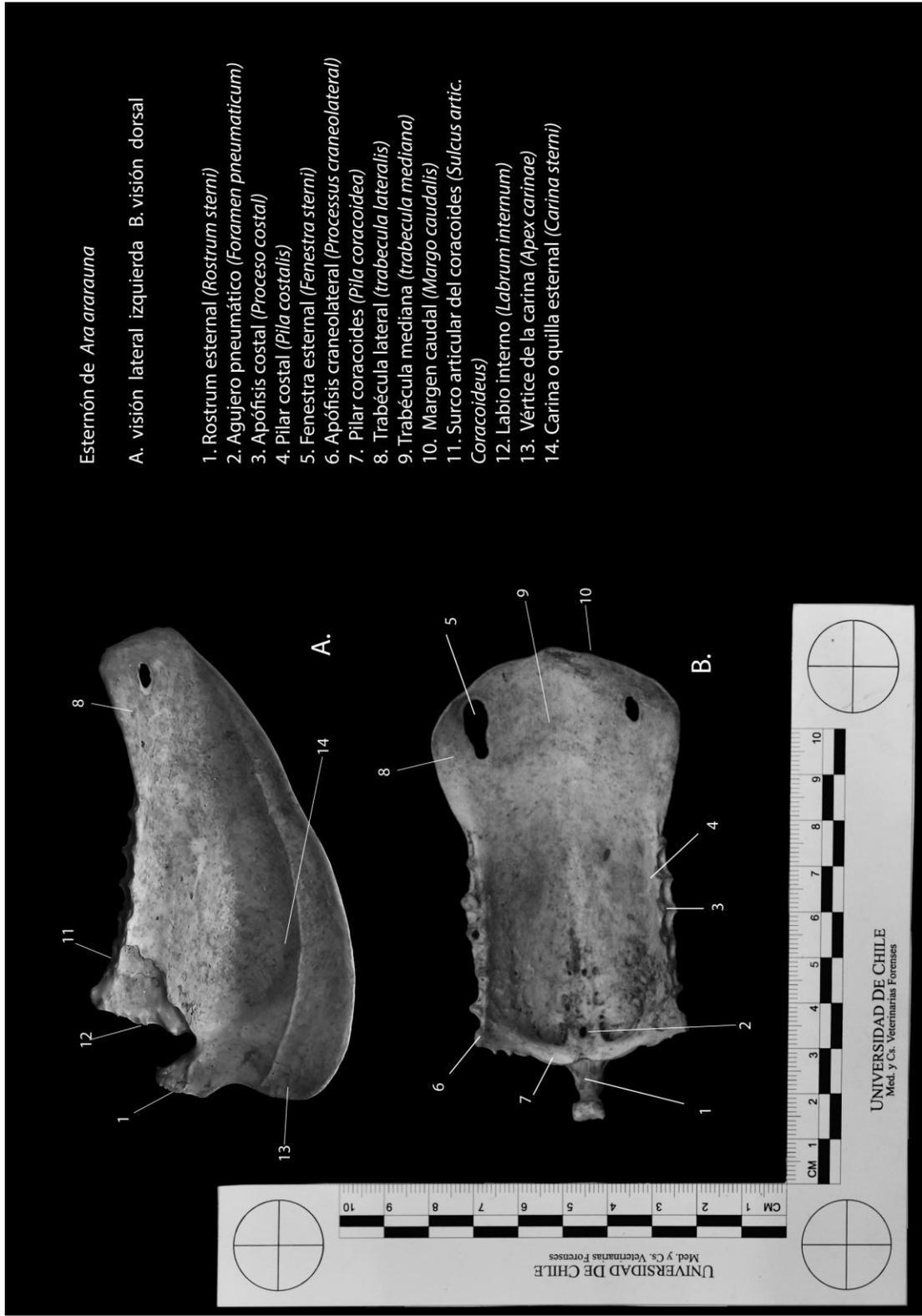


Figura 11. Vistas de esternón de *Ara ararauna*.

1.2.5. Pelvis

Se forma por la fusión de tres huesos: ilion, isquion y pubis. El ilion está compuesto por las alas preacetabulares (Fig. 12 A y C, número 19) ubicadas craneal al acetábulo (Fig. 12 A, número 13) y las alas postacetabulares (Fig. 12 A, B y C, número 7), las que por su visión ventral, presentan las impresiones renales (Fig. 12 B, número 2). El ilion, se encuentra delimitando dorsalmente el agujero ilioisquiático (Fig. 12 A, número 15), presentando en su porción caudal una cresta dorsolateral (Fig. 12 A, número 16) bien desarrollada, la cual termina caudalmente en una espina dorsolateral (Fig. 12 A, número 17) de igual desarrollo y de forma aguzada.

El isquion, por la visión lateral (Fig. 12 número A) se proyecta en su extremo caudal en el proceso terminal del isquion (Fig. 12 A, v 11), el cual es aguzado y dirigido caudo-medio-ventralmente. El borde dorsal del ala del isquion (Fig. 12 A, número 8) posee una forma convexa y es angulada.

El agujero acetabular (Fig. 12 A, número 13) es perforado y enteramente delimitado. El agujero obturador (Fig. 12 A, v 6) se sitúa caudo-ventralmente al agujero acetabular y está circunscrito por dos procesos de las porciones craneales del isquion y del pubis.

El pubis (Fig. 12 A, B y C, número 1), ubicado ventral al isquion, es aplanado latero-lateralmente en toda su extensión, mientras que en su extremo caudal rota hacia medial.

El sinsacro, presenta una extremidad craneal y caudal (Fig. 12 B y C, números 3 y 10) ambas de bordes lisos, existiendo una leve proyección en dirección caudo-lateral de los vértices de la extremidad caudal (Fig. 12 B y C, número 10).

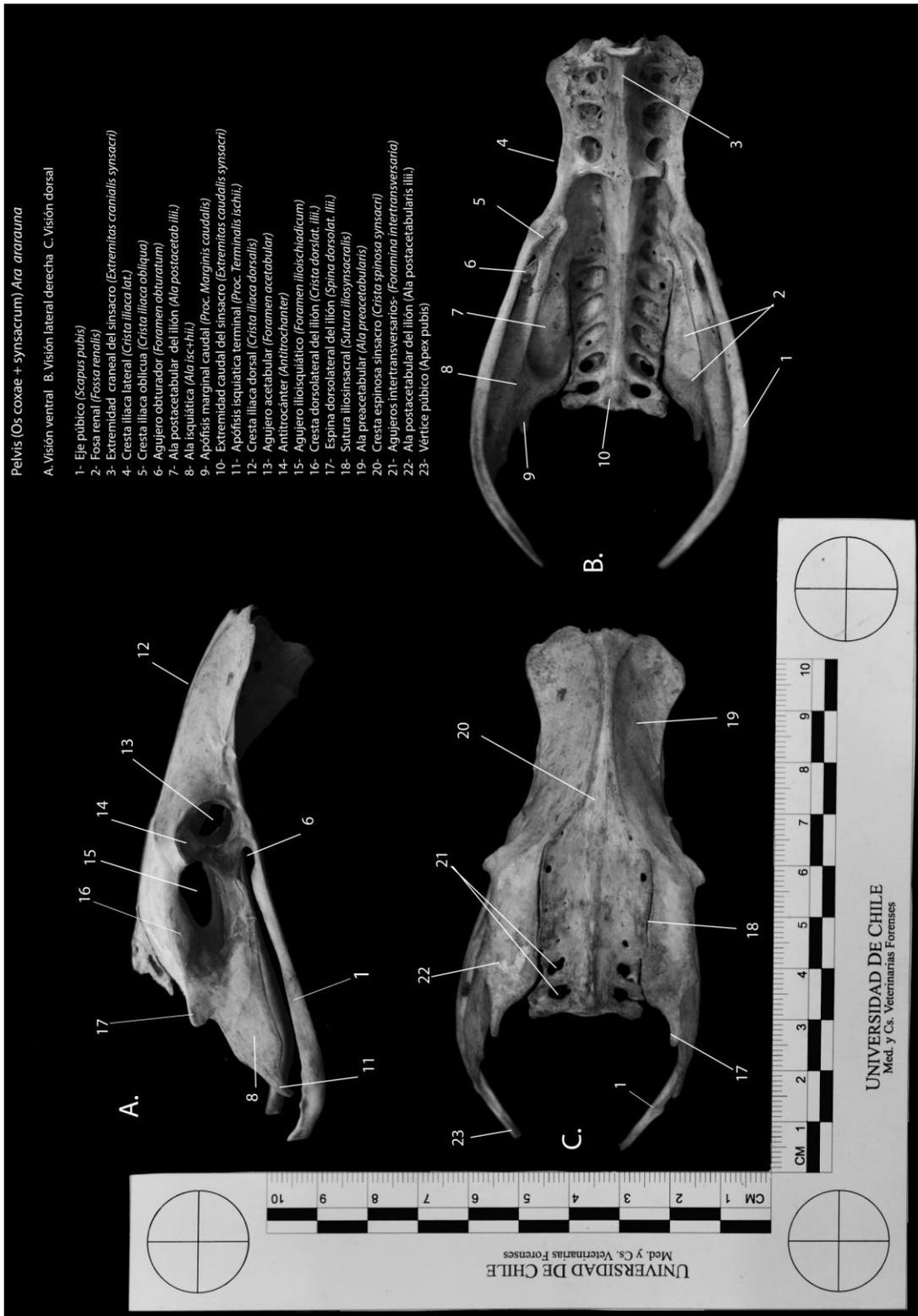


Figura 12. Vistas de pelvis de *Ara ararauna*.

1.2.6. Fémur

En epífisis proximal, encontramos el trocánter femoral (Fig. 13 A y B, número 14), el que por su cara craneal da origen a la línea intermedia craneal (Fig. 13 A, número 6) que se proyecta hasta la porción medial de la diáfisis. La cara articular antitrocantérica (Fig. 13 A, número 2) dispuesta entre la cabeza y el trocánter femoral, es ligeramente cóncava.

En su epífisis distal se observa la tróclea femoral (Fig. 13 A, número 5) de posición craneal, que consta de dos labios de dirección paralela y oblicuos con una disposición dorso-ventral latero-medial. Mientras que por la visión caudal, existen dos cóndilos de posición caudal (Fig. 13 B). Ambos presentan superficies lisas. El cóndilo medial (Fig. 13 B, número 9) de mayor tamaño, es convexo y de forma elíptica, con una inclinación dorso-ventral latero-medial, mientras que el cóndilo lateral (Fig. 13 B, número 10) es cilíndrico y de menor tamaño.

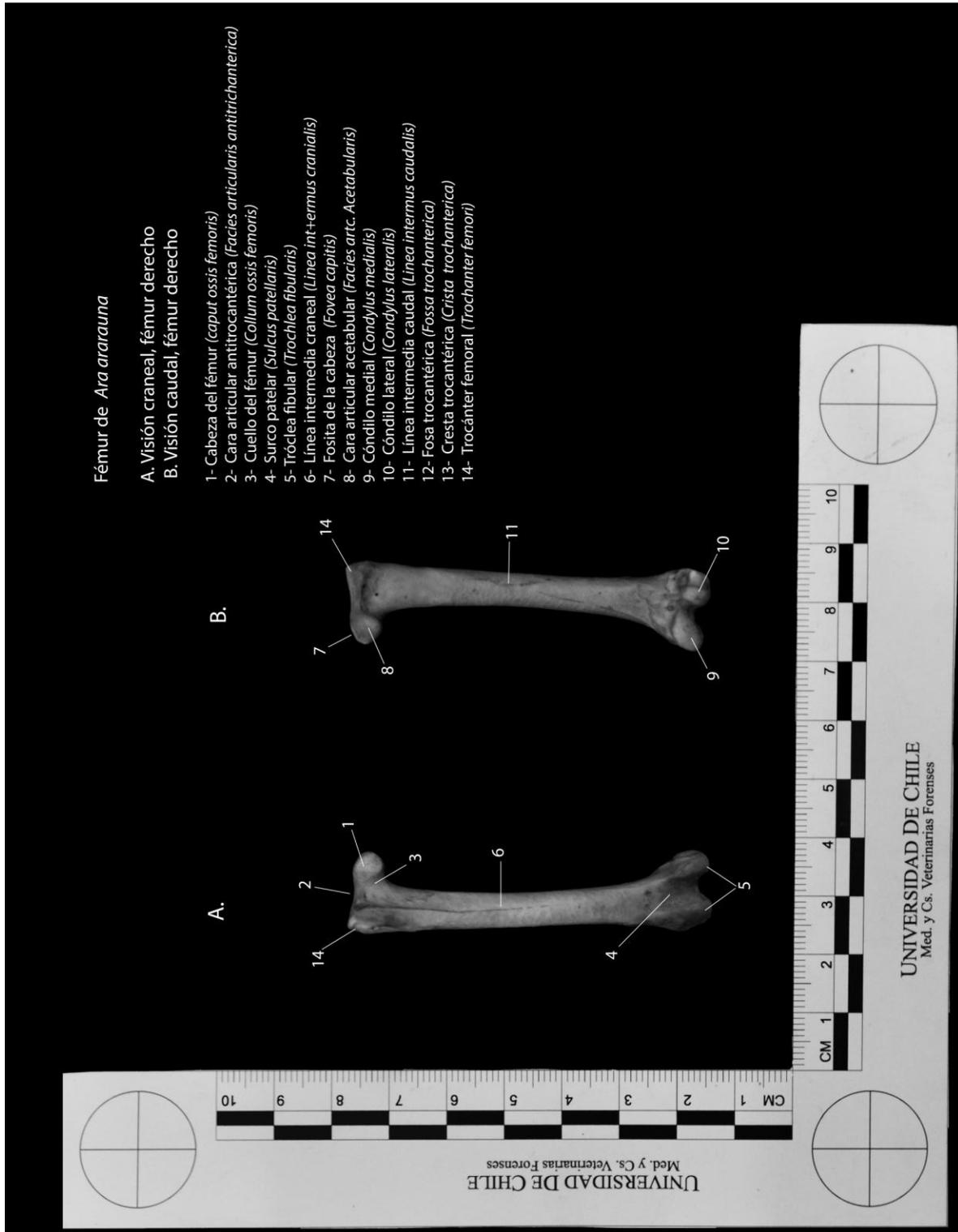


Figura 13. Vistas de fémur de *Ara ararauna*.

1.3. *Ara chloroptera* (Guacamayo rojo)

1.3.1. Cráneo

Su hueso parietal presenta una convexidad transversal que se proyecta caudalmente hasta la cresta nucal del hueso occipital (Fig. 14 A y B, número 8).

El pico presenta una convexidad marcada en su borde dorsal desde la articulación frontonasal (base) hasta su vértice (Fig. 14 A y B, número 18). Su borde ventral presenta una convexidad desde su base, mientras que en su vértice una concavidad.

Presenta una órbita cerrada apreciable en la visión lateral, la cual está delimitada por el proceso postorbital (Fig. 14 A, número 5) que se dispone dorso-ventralmente desde el hueso frontal hasta el encuentro con el arco suborbital (Fig. 14 A, número 4). Este último posee una dirección cráneo-caudal y ventro-dorsal, es aplanado latero-lateralmente y en su punto de unión con el proceso postorbital forma un arco.

El hueso prefrontal (Fig. 14 A, número 3) presenta un borde recto, no observándose en la visión dorsal.

El proceso cigomático del hueso temporal (Fig. 14 A, número 6) está ubicado caudal al proceso postorbital. Presenta una forma de cono, con un extremo distal romo, se proyecta desde el hueso temporal en forma oblicua dorso ventral y caudo-craneal hasta aproximadamente el borde ventral del arco suborbital.

En la base del pico, a ambos lados del borde dorsal, se encuentran dos pequeñas narinas (Fig. 14 A y C, número 2) evidenciables en la visión lateral y dorsal. Éstas poseen una forma ovoide y en su visión dorsal (Fig. 14 C) se aprecia su eje longitudinal paralelo a la línea media del pico (Fig. 14 C, número 2).

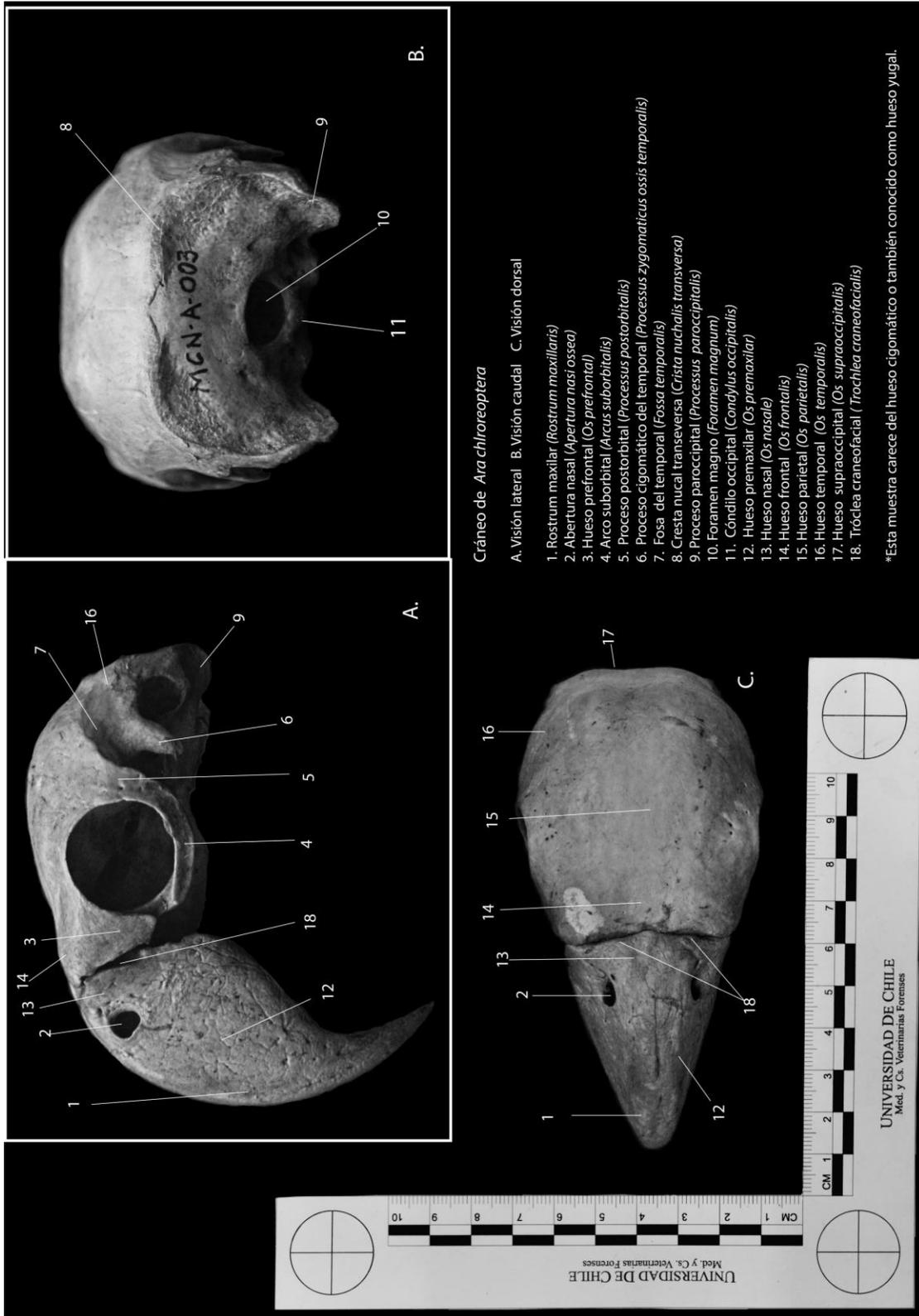


Figura 14. Vistas de cráneo de *Ara chloeroptera*..

1.3.2. Mandíbula

Está compuesta por dos láminas óseas, las cuales sufren una rotación medial en su porción craneal. La unión de estos elementos sinfisarios de la rama mandibular izquierda y derecha, forman el rostrum mandibular (Fig. 15 A, número 1). Este último, posee una leve proyección rostral y de bordes irregulares.

Por su cara medial y en su porción craneal presenta la fosa de acceso al canal mandibular (Fig. 15 B, número 6), y en su porción caudal los agujeros neumáticos (Fig. 15 B, número 2). Entre ambos agujeros se encuentra la cotila medial (Fig. 15 B, número 4), punto de articulación con el hueso cuadrado.

Cada lámina presenta una mayor altura a nivel craneal la cual va disminuyendo mientras se proyecta caudalmente (Fig. 15 C).



Figura 15. Vistas de mandíbula de *Ara chloreopectera*.

1.3.3. Húmero

En ambas vistas, craneal y caudal (Fig. 16 A y B), se puede evidenciar la presencia de una cabeza del húmero (Fig. 16 A y B, número 1) de superficie lisa, ubicada en el extremo craneal de este hueso.

En la epífisis distal, en su cara craneal (Fig. 16 A), se observan dos cóndilos, el cóndilo dorsal (Fig. 16 A, número 4) de forma semiesférica, y el ventral (Fig. 16 A, número 6) interponiéndose entre ambos la incisura intercondilar (Fig. 16 A, número 5). Sobre ambos cóndilos se evidencia la fosa del músculo braquial (Fig. 16 A, número 8).

Por la visión caudal, en la posición ventro-medial se encuentra el proceso flexor (Fig. 16 B, número 14), mientras que en una posición dorso-medial encontramos el surco escapular tricipital (Fig. 16 B, número 16). Entre ambos se dispone la fosa olecraneana (Fig. 16 B, número 15).

En la cara caudal de la epífisis proximal del húmero (Fig. 16 B) se presenta un tubérculo dorsal (Fig. 16 B, número 2) y uno ventral (Fig. 16 B, número 11). Sobre este último se dispone la incisura de la cabeza del húmero (Fig. 16 B, número 10), la cual se proyecta de forma oblicua al eje longitudinal del hueso.

Húmero de *Ara chloroptera*

- A. Húmero derecho visión craneal
- B. Húmero derecho visión caudal

- 1- Cabeza del húmero (*Caput humeri*)
- 2- Tubérculo dorsal (*Tuberculum dorsale*)
- 3- Cresta deltoidea (*Crista deltopectoralis*)
- 4- Cóndilo dorsal (*Condylus dorsalis*)
- 5- Incisura intercondilar (*Incisura intercondylaris*)
- 6- Cóndilo ventral (*Condylus ventralis*)
- 7- Epicóndilo ventral (*Epicondylus ventralis*)
- 8- Fosa del músculo braquial (*Fossa m. brachialis*)
- 9- Intumescencia humeral (*Intumescencia humeri*)
- 10- Incisura de la cabeza (*Incisura capit*)
- 11- Tubérculo ventral (*Tuberculum ventrale*)
- 12- Agujero neumático tricipital (*Fosa pneumotricipitalis*)
- 13- Cresta bicipital (*Crista bicipitalis*)
- 14- Apófisis flexora (*Processus Flexarius*)
- 15- Fosa olecraniana (*Fossa olecrani*)
- 16- Surco escapulo tricipital (*Sulcus scapulotricipitalis*)

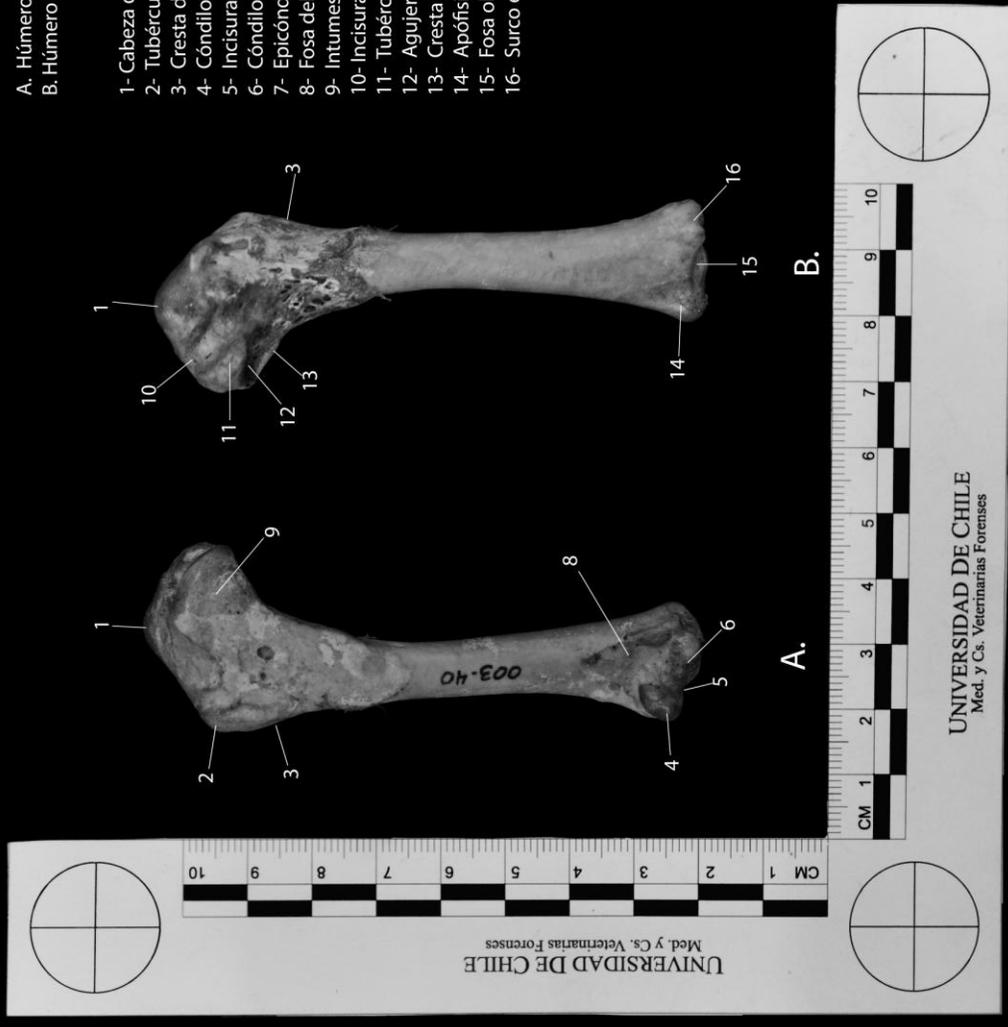


Figura 16. Vistas de húmero de *Ara chloreoptera*.

1.3.4. Esternón

Es un hueso plano formado por dos láminas unidas. Ventral a su unión se origina la quilla (Fig. 17 A, número 14), aplastada latero-lateralmente y de mayor altura en su porción craneal que en la caudal. Ésta presenta un borde craneal y ventral, y su porción craneal recibe el nombre de vértice de la carina (Fig. 17 A, número 13), de aspecto redondeado.

En ambas visiones el rostrum esternal simple (Fig. 17 A y B, número 1) se extiende desde el borde craneal del esternón a nivel de la línea media. Su porción terminal (Fig.17 A, número 1), se dirige dorsalmente, hacia un extremo romo.

En la visión dorsal, dos procesos craneolaterales (Fig. 17 B, número 6) se proyectan hacia medial mediante los pilares coracoides (Fig.17 B, número 7), que se unen en la línea media. Caudal a ellos se posiciona un agujero neumático (Fig. 17 B, número 2), además los procesos costales (Fig. 17 B, número 3), para articular con las costillas.

En la porción caudal del esternón, por la vista dorsal, se observan la trabécula lateral (Fig. 17 A y B, número 8) y la trabécula mediana (Fig. 17 B, número 9), las cuales se unen luego de un trayecto para originar, entre ellas, la fenestra esternal (Fig. 17 B, número 5). La unión de las trabécula de ambos lados origina un borde caudal convexo.

Esternón de *Ara chloeroptera*

A. visión lateral izquierda B. visión dorsal

1. Rostrum esternal (*Rostrum sterni*)
2. Agujero neumático (*Foramen pneumaticum*)
3. Apófisis costal (*Proceso costal*)
4. Pilar costal (*Pila costalis*)
5. Fenestra esternal (*Fenestra sterni*)
6. Apófisis craneolateral (*Processus craneolateral*)
7. Pilar coracoides (*Pila coracoidea*)
8. Trabécula lateral (*trabecula lateralis*)
9. Trabécula mediana (*trabecula mediana*)
10. Margen caudal (*Margo caudalis*)
11. Surco articular del coracoides (*Sulcus artic. Coracoideus*)
12. Labio interno (*Labrum internum*)
13. Vértice de la carina (*Apex carinae*)
14. Carina o quilla esternal (*Carina sterni*)

*La carina o quilla de este espécimen se encuentra ligeramente doblada, posiblemente debido a algún trauma.

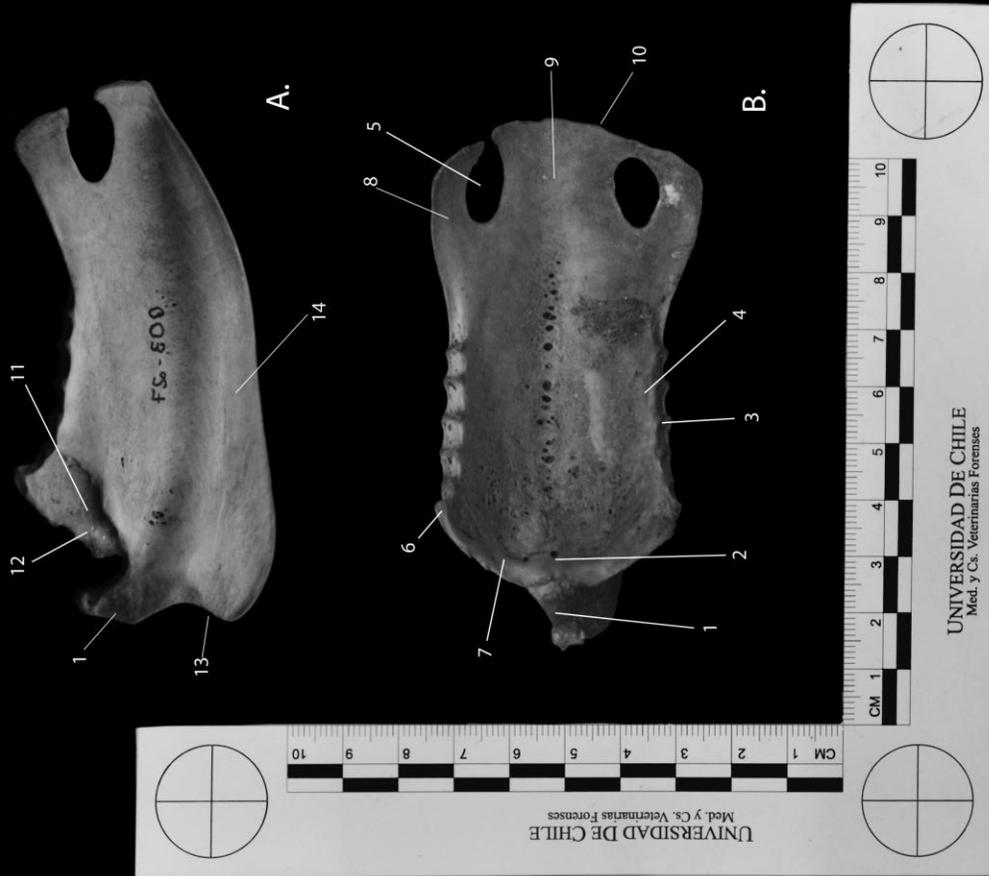


Figura 17. Vistas de esternón de *Ara chloeroptera*.

1.3.5. Pelvis

El ilion está formado por las alas preacetabular y postacetabular formando entre ambas el borde dorsal del acetábulo (Fig. 18 A, número 13). El ala preacetabular (Fig. 18 C, número 19) se fusionan dorsalmente con el sinsacro. El ala postacetabular (Fig. 18 A, B y C) delimita dorsalmente el agujero ilioisquiático (Fig. 18 A, número 15) y se proyecta caudalmente formando una corta y angulosa espina dorsolateral (Fig. 18 A, número 17), y más craneal forman la cresta dorsolateral del ilion (Fig. 18 A, número 16). En la vista ventral se alojan las fosas renales (Fig. 18 B, número 7).

La porción craneal del isquion (visión lateral) forma el borde caudal del acetábulo. Se proyecta caudalmente para formar el ala isquiática (Fig. 18 A, número 8) y el proceso terminal del isquion (Fig. 18 A, número 11), de extremo aguzado. Dorsalmente se une al ala postacetabular del iliión, colaborando en la formación del agujero ilioisquiático (Fig. 18 A, número 15).

El pubis (Fig. 18 A, número 1), que es aplanado latero-lateralmente en toda su extensión, se encuentra ventral al isquion. Su porción craneal completa el cierre del agujero acetabular (Fig. 18 A, número 13). La porción craneal del pubis y del isquion, forman caudo-ventralmente al acetábulo y el agujero obturador (Fig. 18 A, número 6). Su extremo distal se proyecta caudo-dorso-medial.

Por la visión dorsal y ventral se observa el sinsacro, el cual posee una extremidad craneal (Fig. 18, B y C, número 3) de bordes irregulares, mientras que su extremidad caudal (Fig. 18 B y C, número 10) es de borde liso proyectando su vértices en dirección caudo-lateral. También es apreciable la cresta espinosa del sinsacro (Fig. 18 C, número 20).

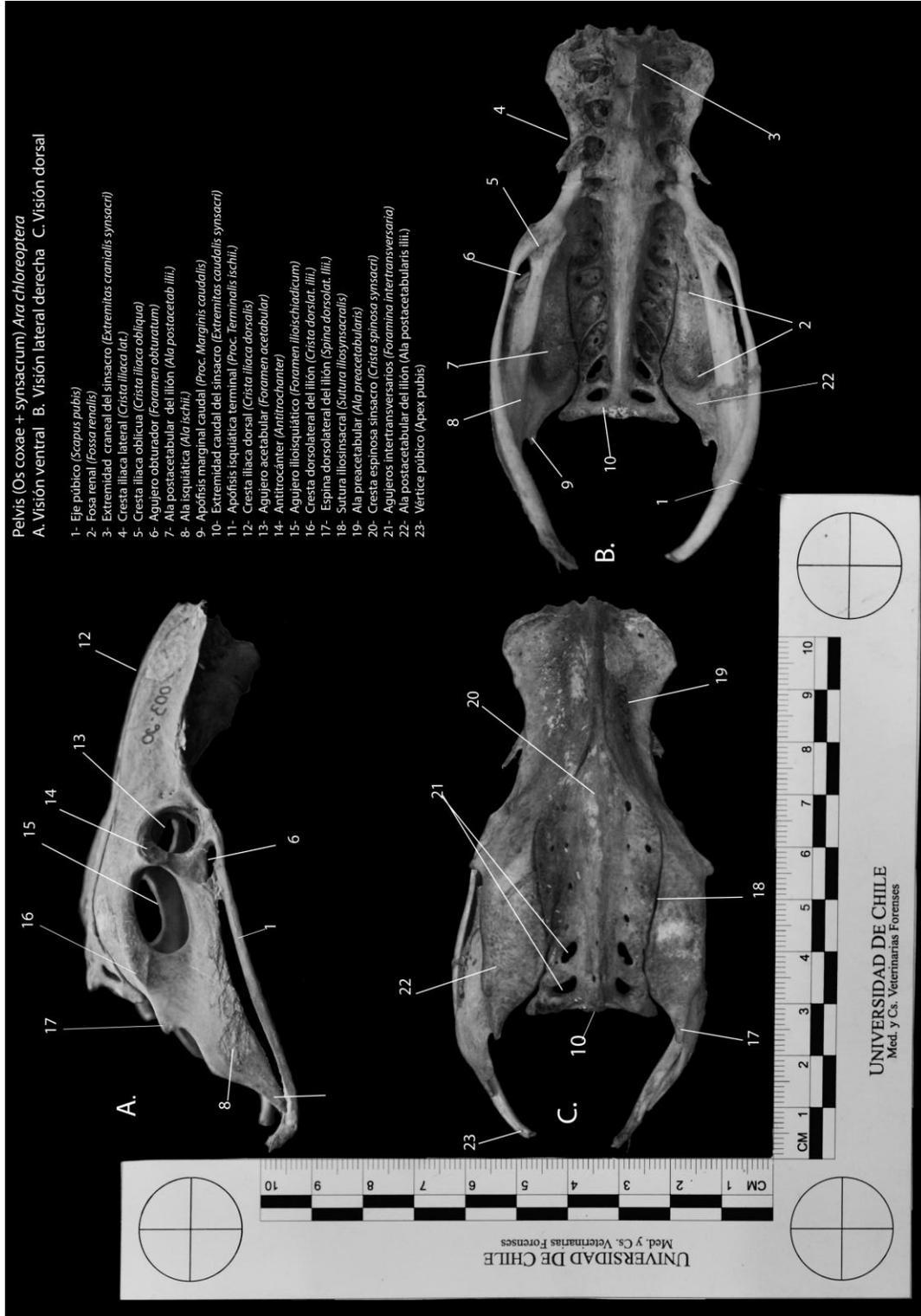


Figura 18. Vistas de pelvis de *Ara chloeroptera*.

1.3.6. Fémur

La epífisis proximal la cabeza del fémur (Fig. 19, número 1), de posición medial, presenta una fosa y un cuello ancho (Fig. 19, número 3) y una poco destacada cara articular antitrocantérica (Fig. 19 A y B, número 2), levemente cóncava se dispone entre la cabeza y el trocánter femoral (Fig. 19, número 14). Presenta una fosa trocantérica (Fig. 19 B, número 12).

En ambas vistas de la diáfisis (Fig. 19 A y B) se proyecta una línea intermedia craneal que se proyecta hasta el tercio distal de la diáfisis y una línea intermedia caudal (Fig. 19 A y B, números 6 y 11).

En la epífisis distal del fémur se encuentra la tróclea (Fig. 19 A, número 5), de posición craneal, posee dos labios paralelos y separados por el surco patelar (Fig. 19 A, número 4). Además presenta dos cóndilos de posición caudal-medial (Fig. 19 B, número 9) y lateral (Fig. 19 B, número 10), ambos de forma elíptica, siendo este último de menor dimensión.

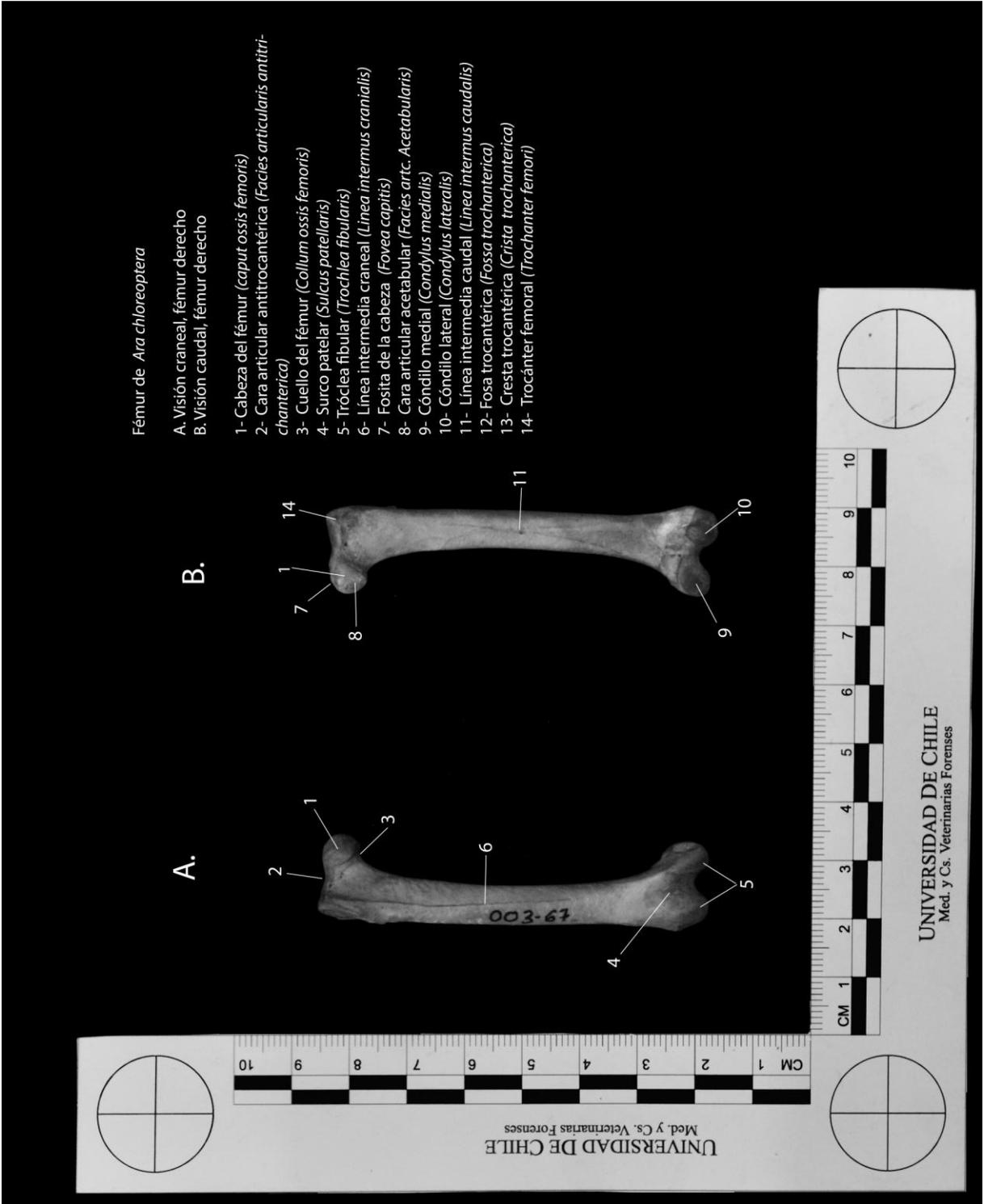


Figura 19. Vistas de fémur de *Ara chloeroptera*.

1.4. *Ara macao* (Guacamayo escarlata)

1.4.1. Cráneo

En su visión lateral presenta una órbita cerrada, la cual es delimitada por el proceso postorbital (Fig. 20 A, número 5) que se dispone dorso-ventralmente, desde el hueso frontal, para unirse con el arco suborbital (Fig. 20 A, número 4), el que posee una dirección cráneo-caudal y ventro-dorsal, formando un arcada. El arco suborbital, en su porción caudal por su borde ventral, genera un ángulo cercano a los 90°, es aplanado latero-lateralmente y presenta un mayor ancho en el punto de unión con el proceso postorbital.

El pico, en la visión lateral, presenta una convexidad en toda la extensión de su borde dorsal, desde la articulación frontonasal (base) (Fig. 20 A, número 8) hasta su vértice. Su borde ventral presenta una convexidad y concavidad desde su base hasta el vértice, respectivamente. En la base del pico, visible en la vista lateral y dorsal, a ambos lados del borde dorsal, presenta dos narinas (Fig. 20 A y C, número 2) de pequeño tamaño, en relación del tamaño total del pico. Éstas poseen una forma circular, con su eje longitudinal de orientación caudo-craneal latero-medial (Fig. 20 C, número 2).

El hueso prefrontal por la vista lateral (Fig. 20 A, número 3) presenta un borde romo, no observándose en la visión dorsal.

El proceso cigomático del hueso temporal (Fig. 20 A, número 6), en la visión lateral, está ubicado posterior al proceso postorbital. Este se proyecta caudo-ventralmente desde el hueso temporal, hasta el ángulo formado por el arco suborbital. Presenta una forma de cono, con un extremo distal romo.

En la visión caudal, el hueso parietal presenta una convexidad transversal que se proyecta caudalmente hasta la cresta nucal del hueso occipital (Fig. 20 B, número 8).

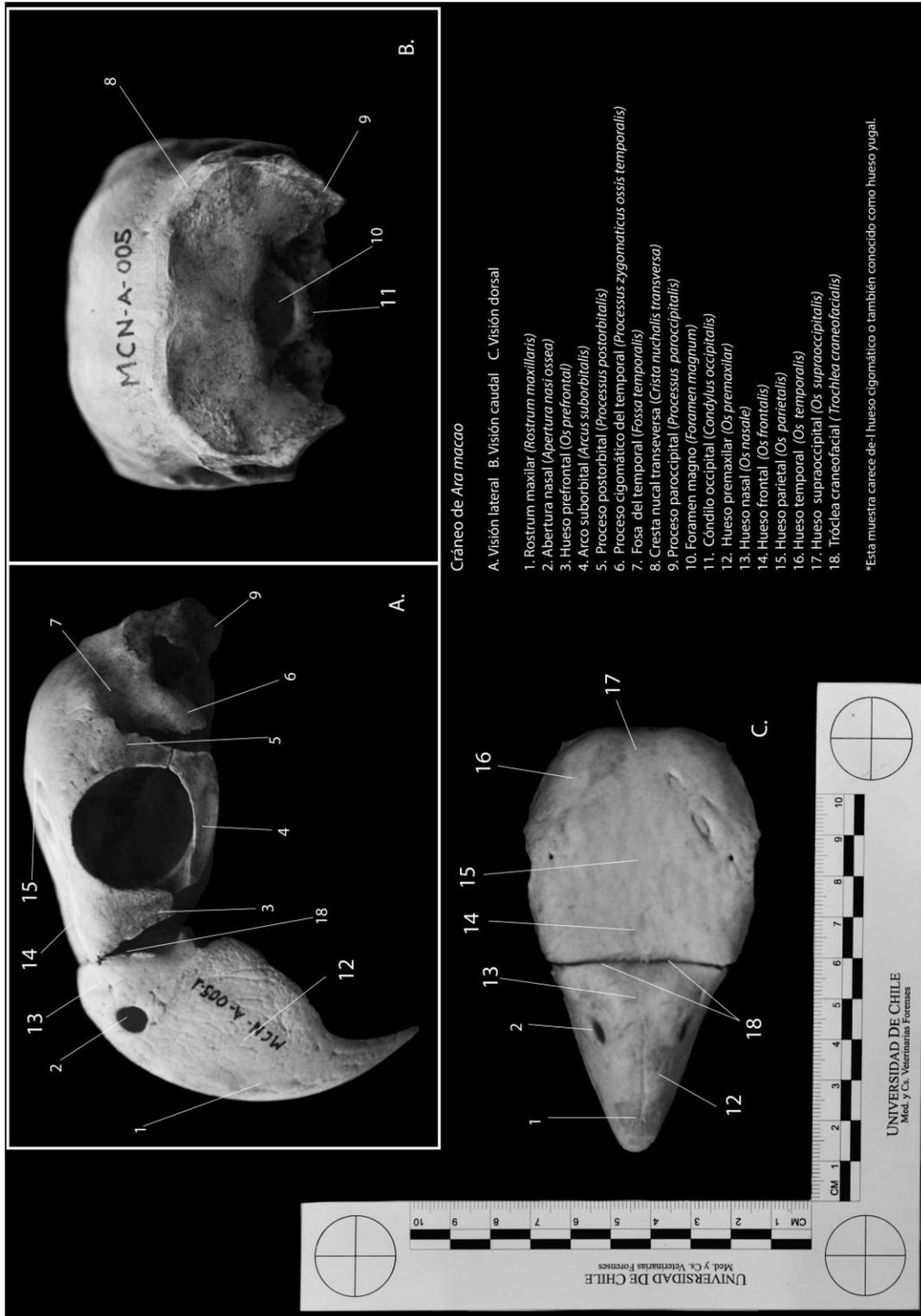


Figura 20. Vistas de cráneo de *Ara macao*

1.4.2. Mandíbula

Está compuesta por dos láminas óseas, las cuales sufren una rotación medial en su porción craneal para articularse con su homónima en la sínfisis mandibular, originando el denominado rostrum mandibular (Fig. 21 A y B, número 1). Este último, posee un borde convexo.

Por su cara medial (visión oblicua caudal) y en su porción craneal presenta la fosa de acceso al canal mandibular (Fig. 21 B, número 6), así como en su porción caudal presenta los agujeros neumáticos (Fig. 21 B, número 2). Entre ambos agujeros se encuentra la cotila medial (Fig. 21 B, número 4), punto de articulación con el hueso cuadrado.

En la vista lateral, se puede observar que las láminas óseas que forman la mandíbula presentan una mayor altura a nivel craneal, la cual va disminuyendo mientras se proyecta caudalmente (Fig. 21 B).

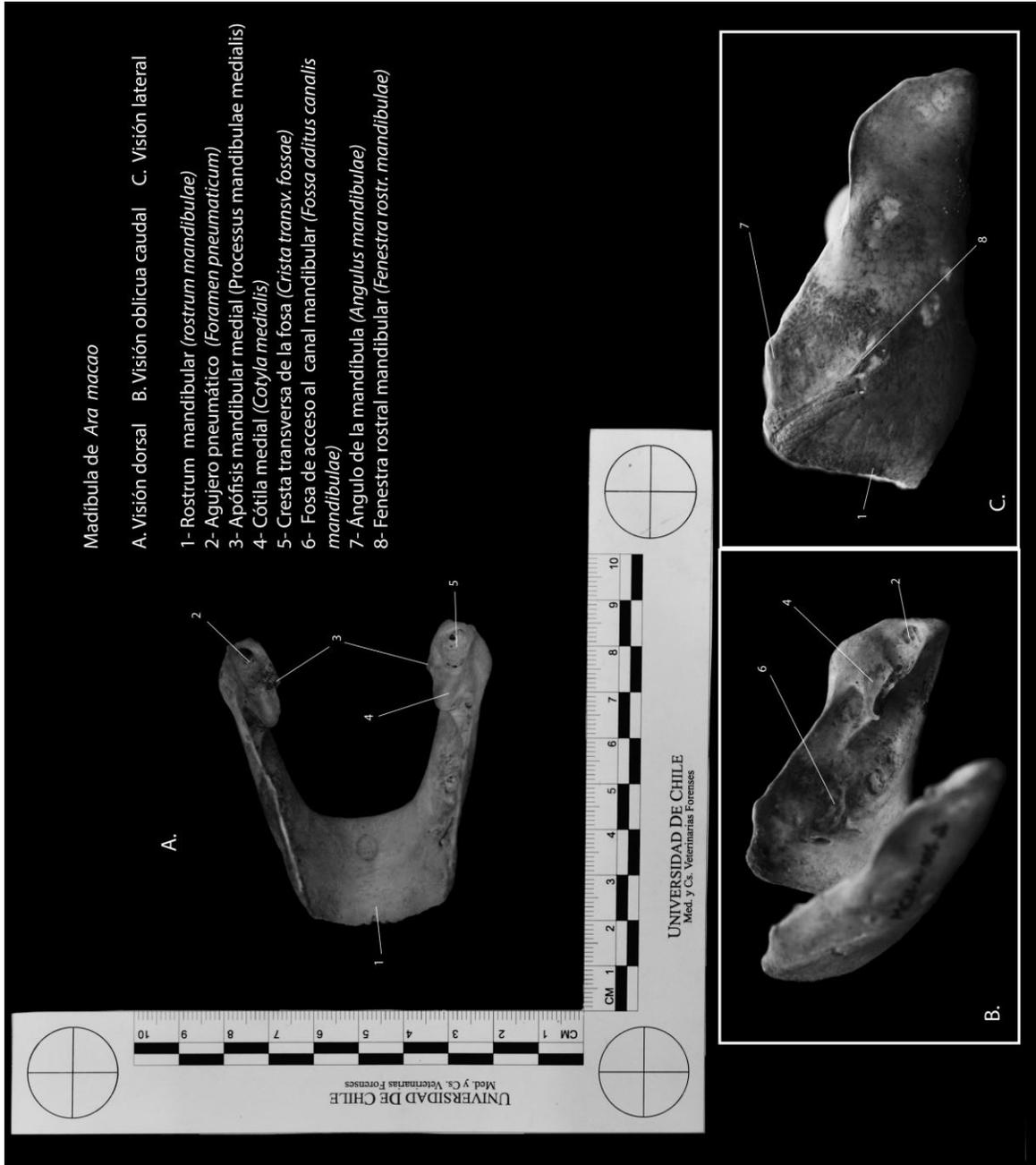


Figura 21. Vistas de mandíbula de *Ara macao*

1.4.3. Húmero

En ambas vistas (Fig. 22 A y B) se puede evidenciar la presencia de la cabeza del húmero (Fig. 22 A y B, número 1) de superficie lisa, ubicada en su epifisis craneal de este hueso.

Por su cara craneal (Fig. 22 A) se observan dos cóndilos, el cóndilo dorsal (Fig. 22 A, número 4) de forma semiesférica, y un cóndilo ventral (Fig. 22 A, número 6), interponiéndose entre ambos una incisura intercondilar (Fig. 22 A, número 5). Ventralmente a estas estructuras encontramos el epicóndilo ventral (Fig. 22 A, número 7). Sobre ambos cóndilos se denota levemente la presencia de la fosa del músculo braquial (Fig. 22 A, número 8).

En la cara caudal (Fig. 22, B) de la epífisis proximal del húmero se presenta un tubérculo dorsal (Fig. 22 A y B, número 2) y otro ventral (Fig. 22 B, número 11), sobre este último se dispone la incisura de la cabeza del húmero (Fig. 22 B, número 10), la cual se proyecta de forma oblicua al eje longitudinal del hueso.

En la epífisis distal (Fig. 22 B), en posición ventro-medial, se encuentra el proceso flexor (Fig. 22 B, número 14), mientras que en una posición dorso-medial encontramos el surco escapular tricipital (Fig. 22 B, número 16). Entre ambos se dispone la fosa olecraneana (Fig. 22 B, número 15).

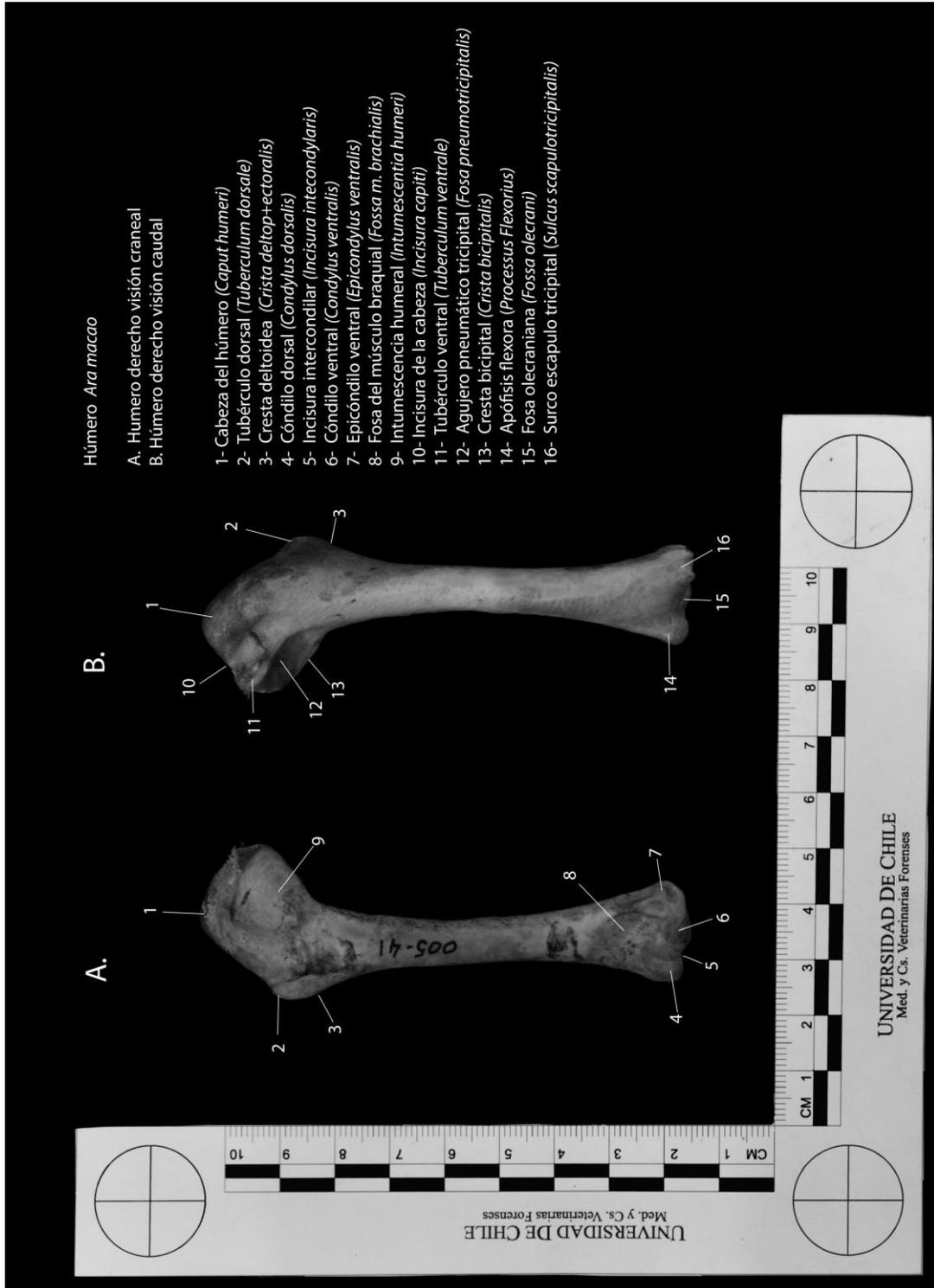


Figura 22. Vistas de húmero de *Ara macaco*

1.1.4. Esternón

El esternón es un hueso plano, formado por dos láminas que se unen, para originar hacia ventral una quilla, observable en la vista lateral (Fig. 23 A, número 14), la cual es aplastada latero-lateralmente y de mayor altura en su porción craneal que en la caudal. Esta quilla origina un borde craneal y uno ventral. El borde craneal se denomina ápice carinal (Fig. 23 A, número 13) de aspecto redondeado.

En ambas visiones se puede observar además, la presencia de un rostrum esternal (Fig. 23, número 1) que se extiende por el borde craneal del esternón a nivel de la línea media. Es simple, con dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal (Fig. 23 A, número 1) y cuyo vértice es romo. En ambas visiones (Fig. 23, A y B) se presentan los procesos craneolaterales (Fig. 5, número 6) de aspecto redondeado. Desde estos procesos (Fig. 23 B) se proyectan hacia medial dos pilares coracoides (Fig. 23 B, número 7), de aspecto rectilíneo, que se unen a nivel de la línea media. Caudal a su punto de unión se denota un agujero neumático (Fig. 23 B, número 2) y caudal a éste, desde el proceso craneolateral hacia caudal, se presentan los procesos costales (Fig. 23 B, número 3) para articular con las costillas.

En la porción caudal, por la visión dorsal, se origina una rama dorsolateral denominada trabécula lateral (Fig. 23 A y B, número 8), y la ventromedial denominada trabécula mediana (Fig. 23 B, número 9), las cuales se unen luego de un trayecto para originar las fenestra esternal (Fig. 23 B, número 5). La unión de las trabécula de ambos lados origina un borde caudal convexo.

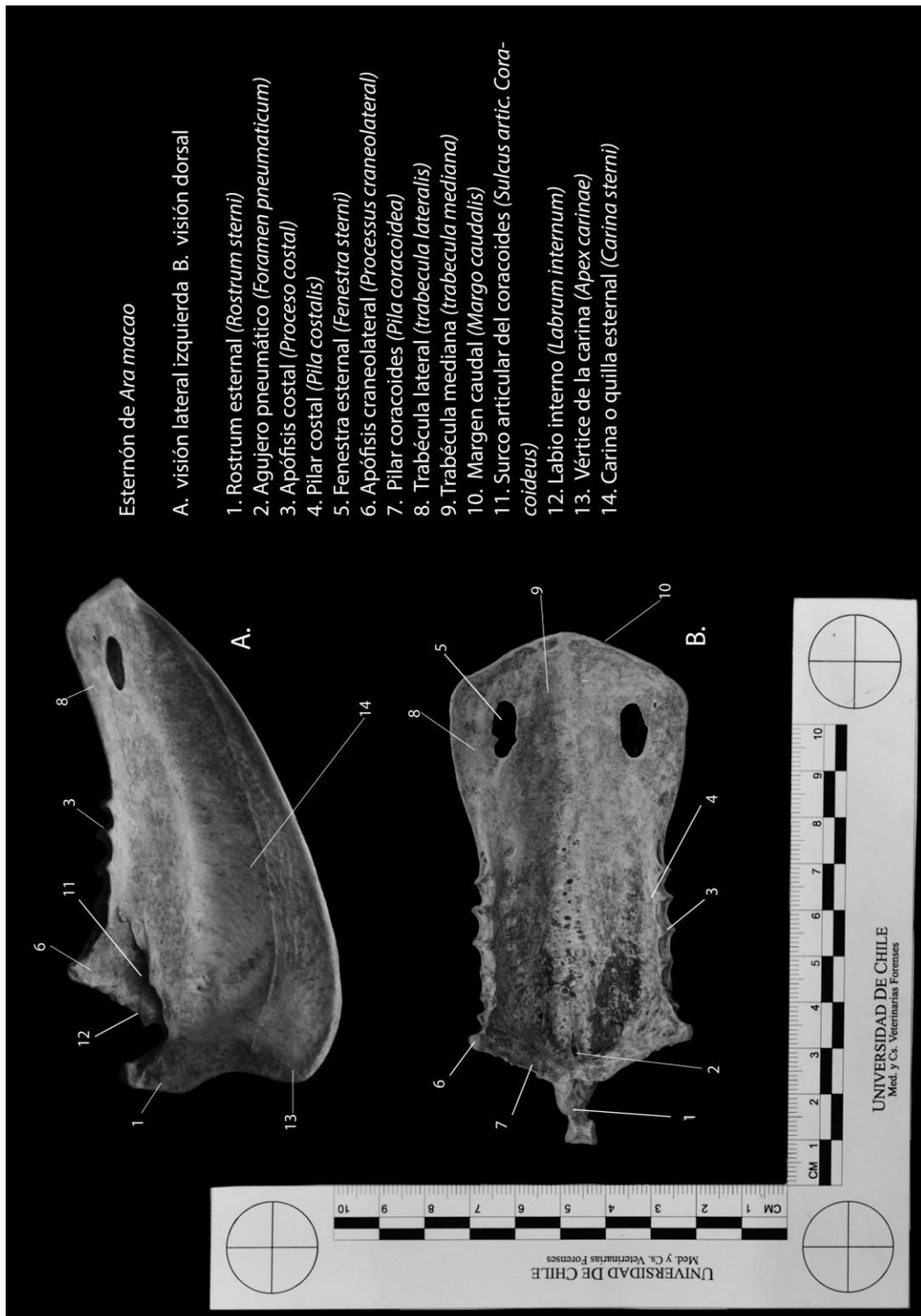


Figura 23. Vistas esternón *Ara macao*

1.1.5. Pelvis

Se forma a partir de la fusión de tres huesos: ilion, isquion y pubis. El ilion, está formado por dos alas, visibles en la visión lateral y dorsal, una preacetabular (craneal al acetábulo) (Fig. 24 A y C, número 13) y otra postacetabular. Ambas alas formaran parte del borde dorsal del acetábulo. Las alas preacetabulares se fusionaran dorsalmente con el sinsacro (visión dorsal). El ala postacetabular (Fig. 24 A y C, número 22) se encuentra delimitando dorsalmente el agujero ilioisquiático (Fig. 24 A, número 15). Se proyecta hacia caudal para originar primeramente la espina dorsolateral del ilion (Fig. 24 A, número 17), de borde romo, que se proyecta hacia craneal, y sobre el agujero ilioisquiático (Fig. 24 A, número 15) se origina la cresta dorsolateral del ilion (Fig. 24 A, número 16). Por su vista ventral y a nivel del ala postacetabular se alojan las fosas renales (Fig. 24 B, número 7).

El isquion, en su porción craneal, por la vista lateral, forma el borde caudal del acetábulo. Este se proyecta caudalmente el ala isquiática (Fig. 24 A, número 8) y el proceso terminal del isquion (Fig. 24 A, número 11) de extremo aguzado. Dorsalmente se une al ala postacetabular del ilión, colaborando en la formación del agujero ilioisquiático (Fig. 24 A, número 15).

El pubis (Fig. 24 A, B y C, número 1) se encuentra ventral al isquion, es aplanado latero-lateralmente en toda su extensión. Su porción craneal, en la vista lateral, completa el cierre del agujero acetabular (Fig. 24 A, número 13). La porción craneal del pubis y del isquion forma caudo-ventralmente al acetábulo y el agujero obturador (Fig. 24 A, número 6). El extremo distal del pubis se proyecta caudo-dorso-medial.

Por su visión ventral se observa el sinsacro, el cual en su extremidad craneal (Fig. 24 B, número 3) presenta un borde irregular, mientras que su extremidad caudal (Fig. 24 B, número 10) posee un borde liso con una proyección caudo-lateral de sus vértices.

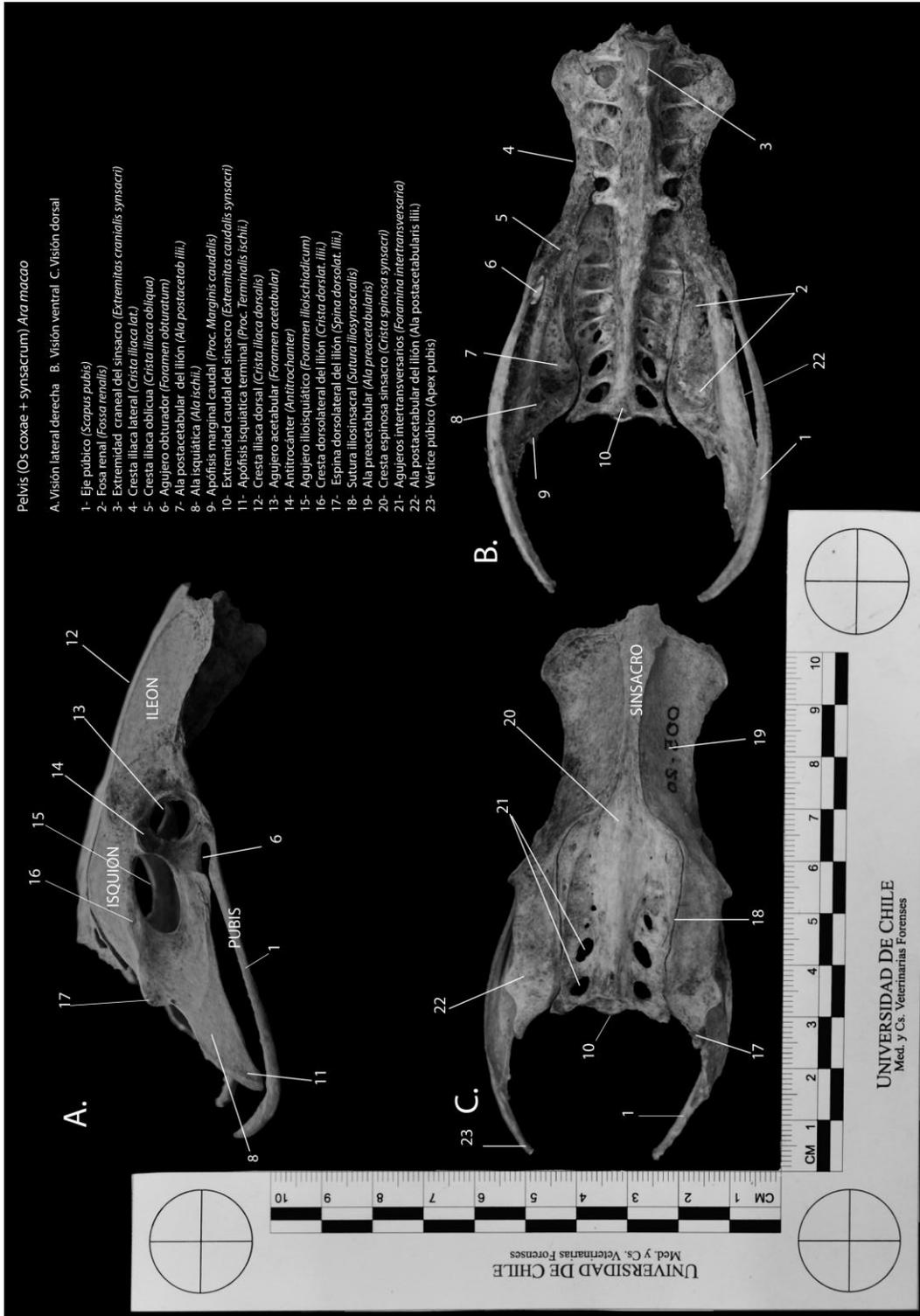


Figura 24. Vistas de pelvis de *Ara macao*

1.1.6. Fémur

En la epífisis proximal encontramos con posición medial la cabeza del fémur (Fig. 25 A, número 1), la que presenta una fosa y un cuello ancho (Fig. 25 A, número 3) y posee lateralmente un trocánter femoral (Fig. 25 B, número 14). Entre la cabeza del fémur y el trocánter se dispone la cara articular antitrocantérica (Fig. 25 A y B, número 2) de aspecto aplanado. Una evidente cresta trocantérica (Fig. 25 B, número 13) se desplaza transversalmente desde el cuello de la cabeza del fémur hasta el trocánter femoral, bajo ella y sobre la cara caudal del hueso se dispone la fosa trocantérica (Fig. 25 B, número 12). En la diáfisis de ambas vistas (Fig. 25 A y B) se proyecta una línea intermedia craneal (Fig. 25 A, número 6) hasta el tercio proximal y otra craneal (Fig. 25 B, número 11) que se extiende hasta el tercio medial.

En su epífisis distal, por la visión craneal (Fig. 25 A), se observa la tróclea del fémur (Fig. 25 A, número 5), la cual posee dos labios que divergen desde su origen proximal hacia distal y separadas por un surco patelar (Fig. 25 A, número 4). Por su visión caudal presenta dos cóndilos, ambos con superficies lisas; el cóndilo medial (Fig. 25 B, número 9) convexo y de forma elíptica, mientras que el cóndilo lateral (Fig. 25 B, número 10) es cilíndrico y poseen una fosa intercondilar marcada.

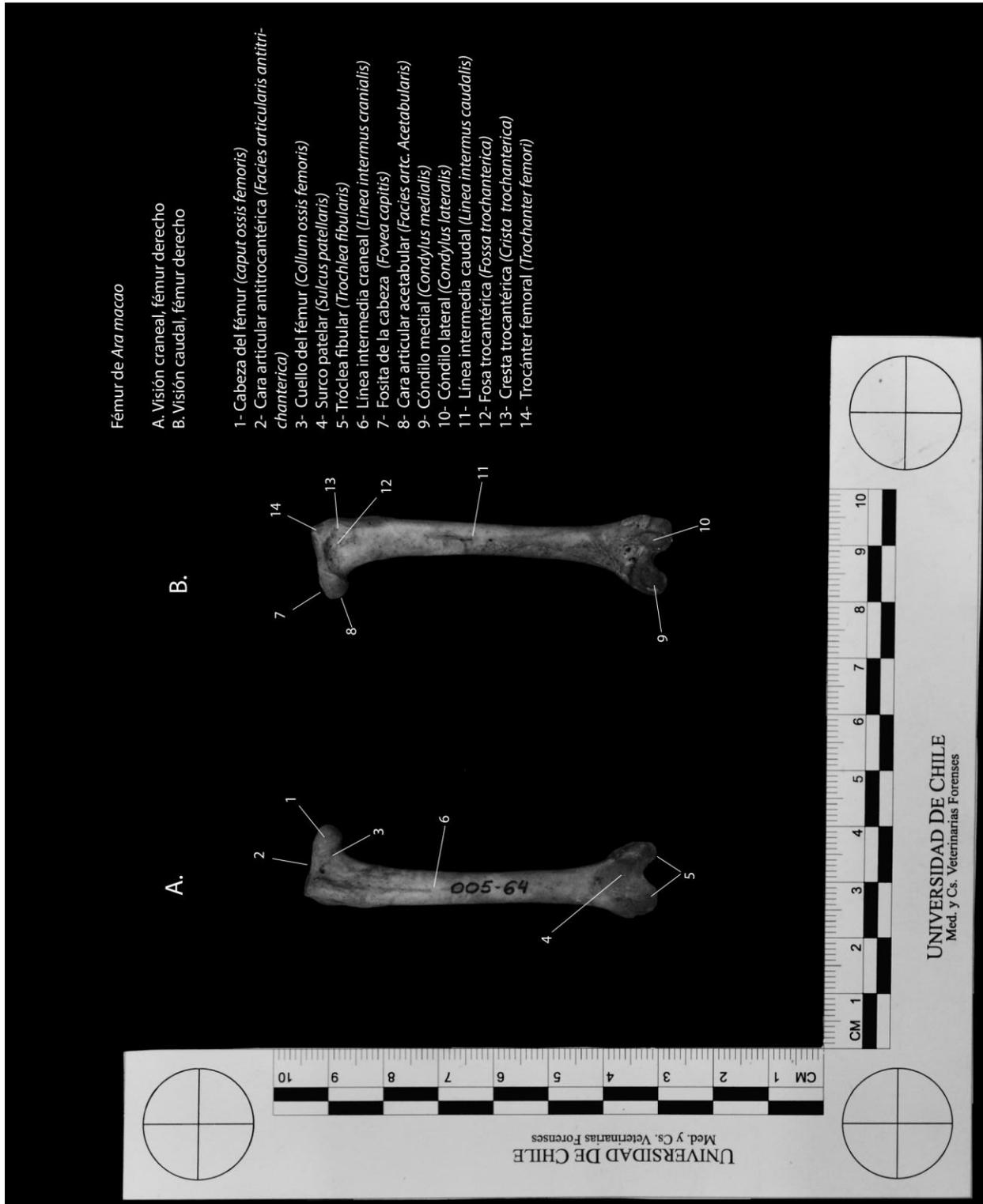


Figura 25. Vistas de fémur de *Ara macao*

Objetivo específico 2. Comparar las características diferenciales morfológicas específicas entre los huesos de cráneo, mandíbula, esternón, pelvis, húmero y fémur de amazona frentiazul (*Amazona aestiva*), guacamayo azulamarillo (*Ara ararauna*), guacamayo escarlata (*Ara macao*) y guacamayo rojo (*Ara chloroptera*) que permitan la identificación de ellas.

2.1. Comparación de cráneo

Dentro del análisis de los cráneos de las 4 especies se encontró que presentan diferencias a nivel de:

- Diámetro y forma orificio nasal: el tamaño de los orificios nasales de las especies de guacamayo, es pequeño en comparación al resto de pico (Fig. 26 y 27, número 1). Para el caso de *Ara ararauna* y *Ara macao* (Fig. 26 y 27 B y D, número 1) se disponen con su eje longitudinal de orientación caudo-craneal de manera latero-medial, mientras que *Ara chloroptera* (Fig. 26 y 27 C, número 1) posee fosas nasales de forma circular y paralelas al eje longitudinal de la línea media (Fig. 26 y 27). Por su parte, los orificios nasales de *Amazona aestiva* (Fig. 26 y 27 A, número 1) son de un tamaño mucho mayor en relación al pico y de forma elíptica, con su eje longitudinal con disposición latero-medial, convergiendo craneal a la línea media.
- Hueso prefrontal: se evidencia que esta estructura en amazona se proyecta hacia lateral en forma roma (Fig 26 y 27 A, número 2) sobrepasando la proyección caudal del borde tomial del pico, no así en las tres especies de araras (Fig. 27 B, C y D, número 2).
- Unión hueso postorbital y suborbital: en la vista lateral (Fig. 26), se puede apreciar que en las cuatro especies se genera un arco, pero el punto de unión es variable. En la *Amazona aestiva* (Fig. 26 A, número 3) en el punto de unión de estos huesos, se forma un ángulo cercano a los 90°, mientras en el *Ara macao* (Fig. 26 D, número 3) dicha unión forma un ángulo menor a los 90°. En las otras dos especies no se genera este ángulo. El hueso postorbital de *Ara ararauna* (Fig. 26 B, número 3) presenta un aplastamiento dorsoventral no evidenciable en las otras especies.

- Proceso cigomático del temporal (Forma y proyección): En el caso de los guacamayos esta estructura (Fig. 26, número 4) es ancha en su base y aplastado dorso-ventralmente con dirección hacia el arco cigomático (ausente en las muestras). Varía entre las especies en estudio por su proyección, donde en *Amazona aestiva* (Fig. 26 A, número 4) y *Ara macao* (Fig. 26 D, número 4) se proyecta hasta el ángulo formado por el hueso postorbital y el arco suborbital, donde el proceso del cigomático de temporal es de aspecto delgado, rectangular. Sin embargo, en *Ara ararauna* (Fig. 26 B, número 4) se proyecta hacia el borde inferior del arco suborbital, al igual que *Ara chloreoptera* (Fig. 26 C, número 4).
- Fosa del temporal: en *Ara macao* (Fig. 26 D, número 5) esta fosa se prolonga extensamente hacia el hueso occipital, mientras que en las otras especies es de menor longitud y de aspecto más superficial.

No se observaron diferencias de los huesos en la vista caudal

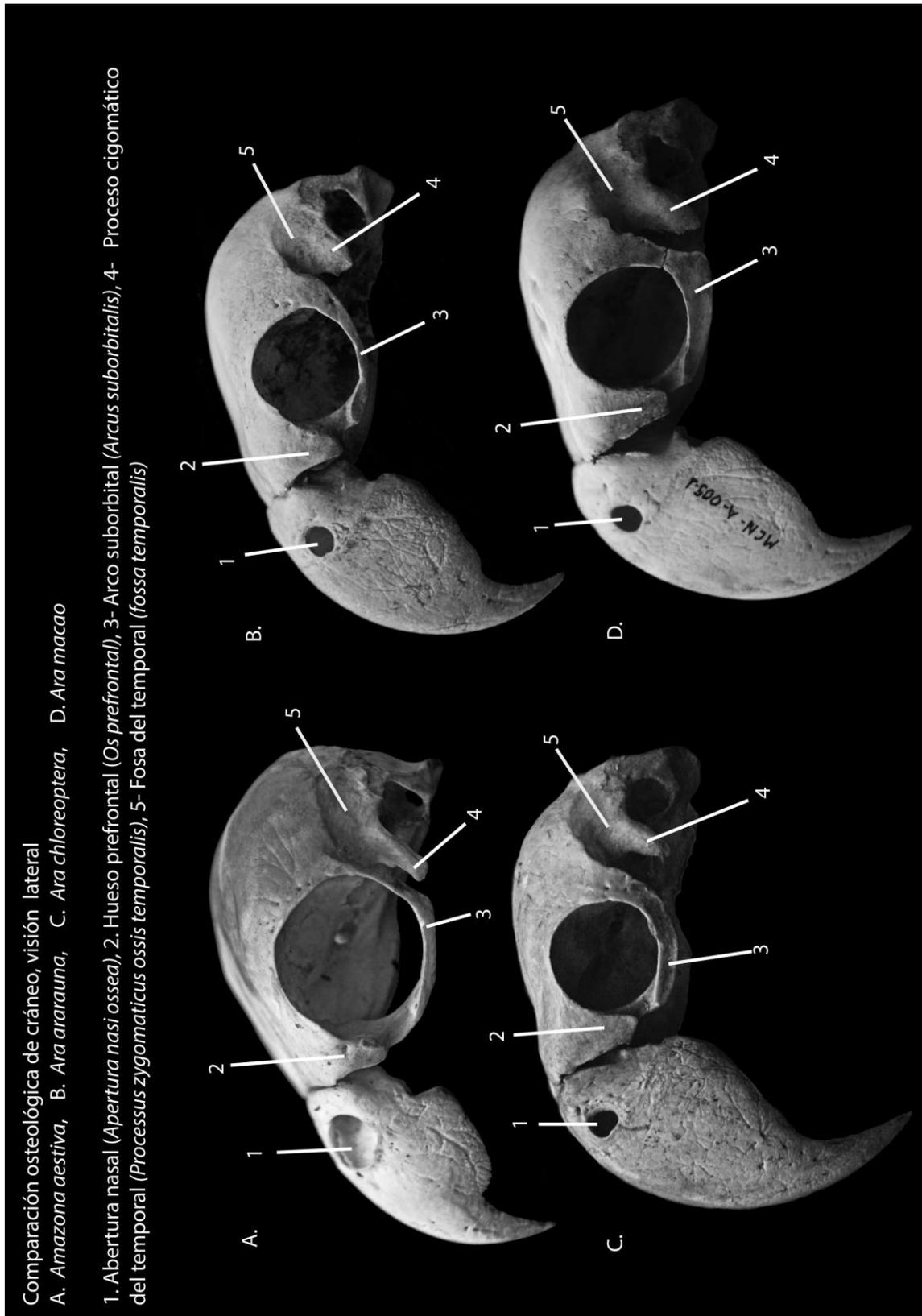


Figura 26. Vistas comparativas laterales de cráneo.

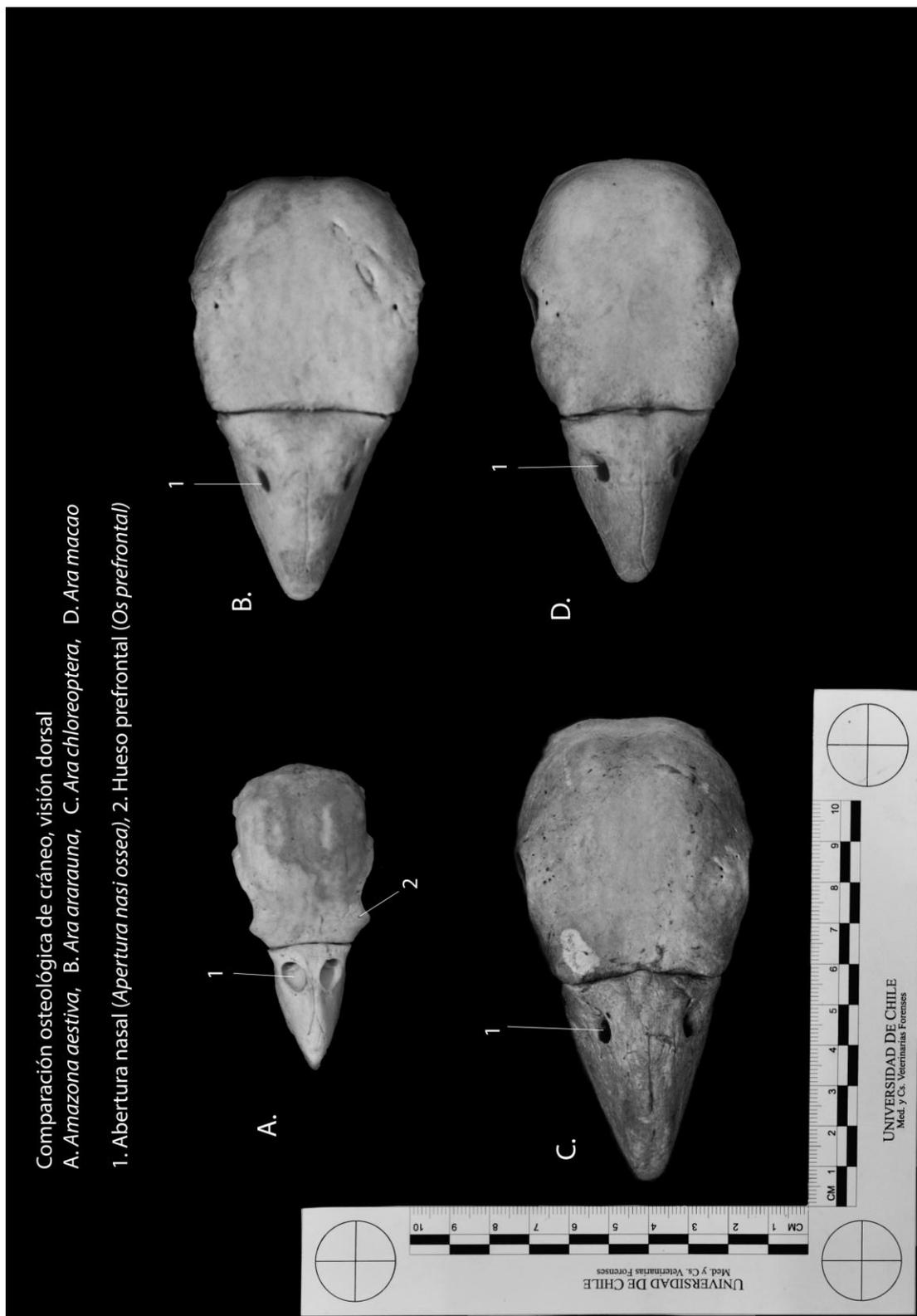


Figura 27. Vistas comparativas dorsales de cráneo.

Tabla 1. Tabla comparativa de cráneo

CRÁNEO	AMAZONA AESTIVA	ARA ARARAUNA	ARA CHLOREOPTERA	ARA MACAO
Diámetro orificio nasal	Grandes, 1/5 del tamaño del pico	Pequeñas, 1/10 del tamaño del pico	Pequeñas, 1/15 del tamaño del pico	Pequeñas, 1/13 de tamaño del pico
Forma tubular narinas	Si	No	No	No
Forma y disposición orificio nasal	Elípticas, eje longitudinal disposición latero-medialmente, convergen por cranealmente a la línea media	Circulares, eje longitudinal es paralelo a la línea mediana	Circulares, eje longitudinal es paralelo a la línea mediana	Circulares, eje longitudinal es paralelo a la línea mediana
Proyección lateral del hueso prefrontal	Si	No	No	No
Forma del vértice de la porción ventral del prefrontal	Aguda	Roma	Roma	Roma
Hueso suborbital	Generan un ángulo superior a 90°	Generan un arco	Generan un arco	Generan un arco ángulo cercano a 90°, por borde exterior
Proceso cigomático del temporal	Rectangular, extremo distal de forma roma	Forma ovoide con un borde ventral aguzado. De menor proyección	Forma de cono, con su vértice hacia ventral y forma aguzada	Gran proyección y alargado
Fosa del temporal	Superficial y de menor longitud	Superficial y de menor longitud	Superficial y de menor longitud	Profunda y con proyección hacia hueso occipital

2.2. Comparación de mandíbula

Las diferencias que se encontraron fueron:

- Rostrum mandibular: *Amazona aestiva* presentó un rostrum alargado con proyección rostral, pero su borde es convexo (Fig. 28 y 29 A, número 1). *Ara ararauna* y *Ara chloreoptera* presentaron una proyección hacia rostral con bordes irregulares, visibles en vista dorsal (Fig. 28 y 29 B y C, número 1), mientras que *Ara macao* no posee una proyección del rostrum y su borde es convexo (Fig. 28 y 29 D, número 1).

No se observaron diferencias por la vista oblicua caudal.

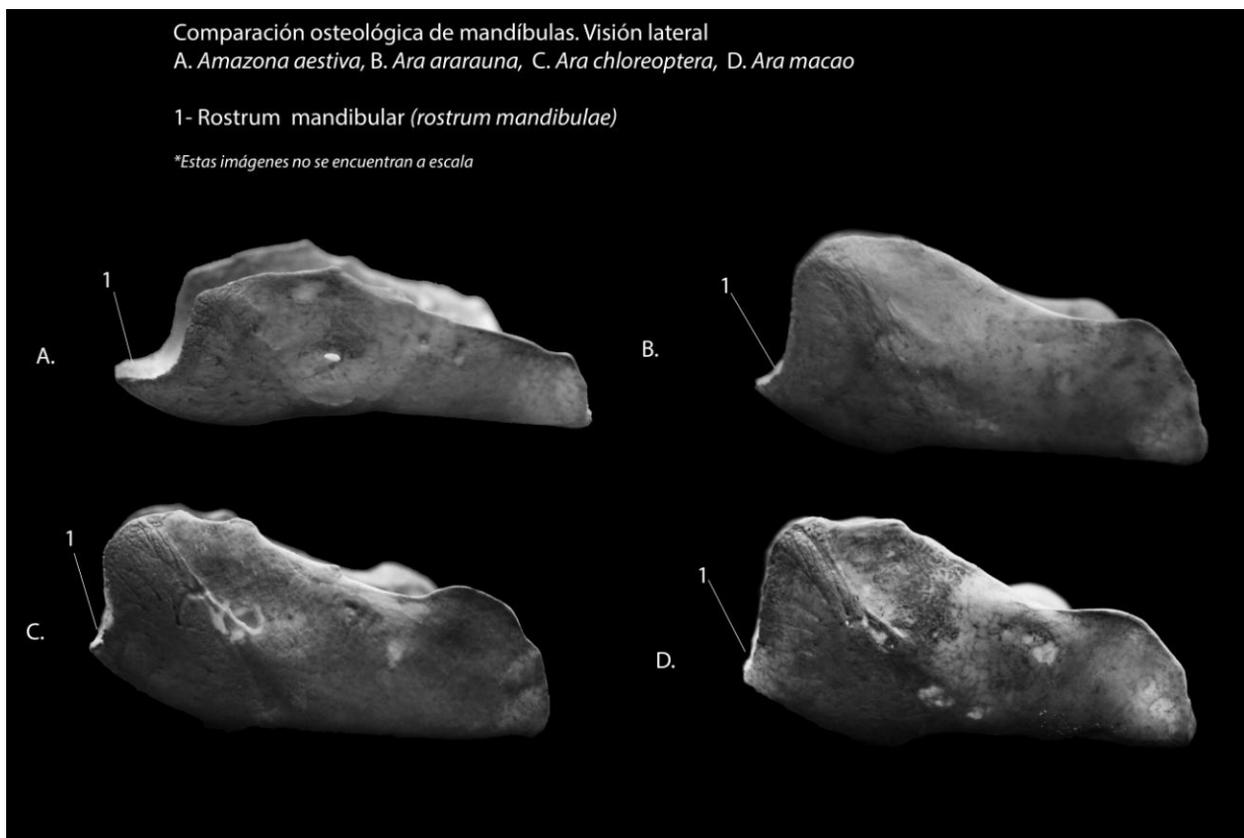


Figura 28. Vistas comparativas laterales de mandíbula.



Figura 29. Vistas comparativas dorsales de mandíbula.

Tabla 2. Tabla comparativa de mandíbula

MANDÍBULA	<i>AMAZONA AESTIVA</i>	<i>ARA ARARAUNA</i>	<i>ARA CHLOREOPTERA</i>	<i>ARA MACAO</i>
Rostrum mandibular	Alargado con proyección rostral y borde convexo	Con leve proyección rostral y bordes irregulares	Leve proyección rostral y con bordes irregulares	Sin proyección rostral y bordes convexos

2.3. Comparación de húmero

En el caso del húmero, no se encontraron diferencias significativas, con la excepción del tamaño, siendo muy similar entre en guacamayos y mayor que en Amazona.

- La fosa del musculo braquial: es más marcada en *Ara ararauna* (Fig. 30 B, número 1) que en *Amazona aestiva* y *Ara macao* (Fig. 30 A y D, número 1), mientras que para *Ara chloreoptera* (Fig. 30 C, número 1) no fue posible su determinación por la calidad de los húmeros de esta especie.
- Profundidad del surco escápulo tricipital (Fig. 31 A, B, C y D, número 1), el cual presenta un aspecto más profundo en *Ara ararauna* (Fig. 31 B, número 1) que en el resto de las especies.



Figura 30. Vistas comparativas oblicuas craneales de mandíbula.



Figura 31. Vistas comparativas caudales de húmero.

Tabla 3. Tabla comparativa de húmero

HÚMERO	<i>AMAZONA AESTIVA</i>	<i>ARA ARARAUNA</i>	<i>ARA CHLOREOPTERA</i>	<i>ARA MACAO</i>
Surco escapulo tricipital	Presente	Presente y profundo	Presente, pero de menor profundidad	Presente, pero de menor profundidad
Fosa del musc. braquial	Levemente marcada	Marcada	No determinada	Levemente marcada

2.4. Comparación de esternón

En este hueso, se encontraron variaciones en:

- Rostrum esternal: en todas las especies (Fig. 32 y 33, número 1) es una estructura simple y presenta una flexión en su porción terminal dirigida hacia caudal, la diferencia está en la forma, ya que en todos los guacamayos (Fig. 32 B, C y D, número 1) presenta forma roma, mientras que en la amazona es aguzada.
- Presencia del agujero neumático: solamente se visualizó en las tres especies de guacamayo (Fig. 32 B, C y D, número 2), pero no en *Amazona aestiva* (Fig. 32 A).
- Pilares coracoides: en las cuatro especies se puede evidenciar una marcada diferencia en la forma y proyección de los pilares coracoides. En *Amazona aestiva* (Fig. 32 A, número 3) ambos forman un arco, como en *Ara ararauna* y *Ara chloreoptera* (Fig. 32 B y C, número 3), siendo en esta última en la única que se presenta una proyección caudal a ambos lados de la línea media. Por otro lado, en *Ara macao* (Fig. 32 D, número 3) forma un vértice dando el aspecto rectilíneo que presentan estos procesos, sin proyección caudal.

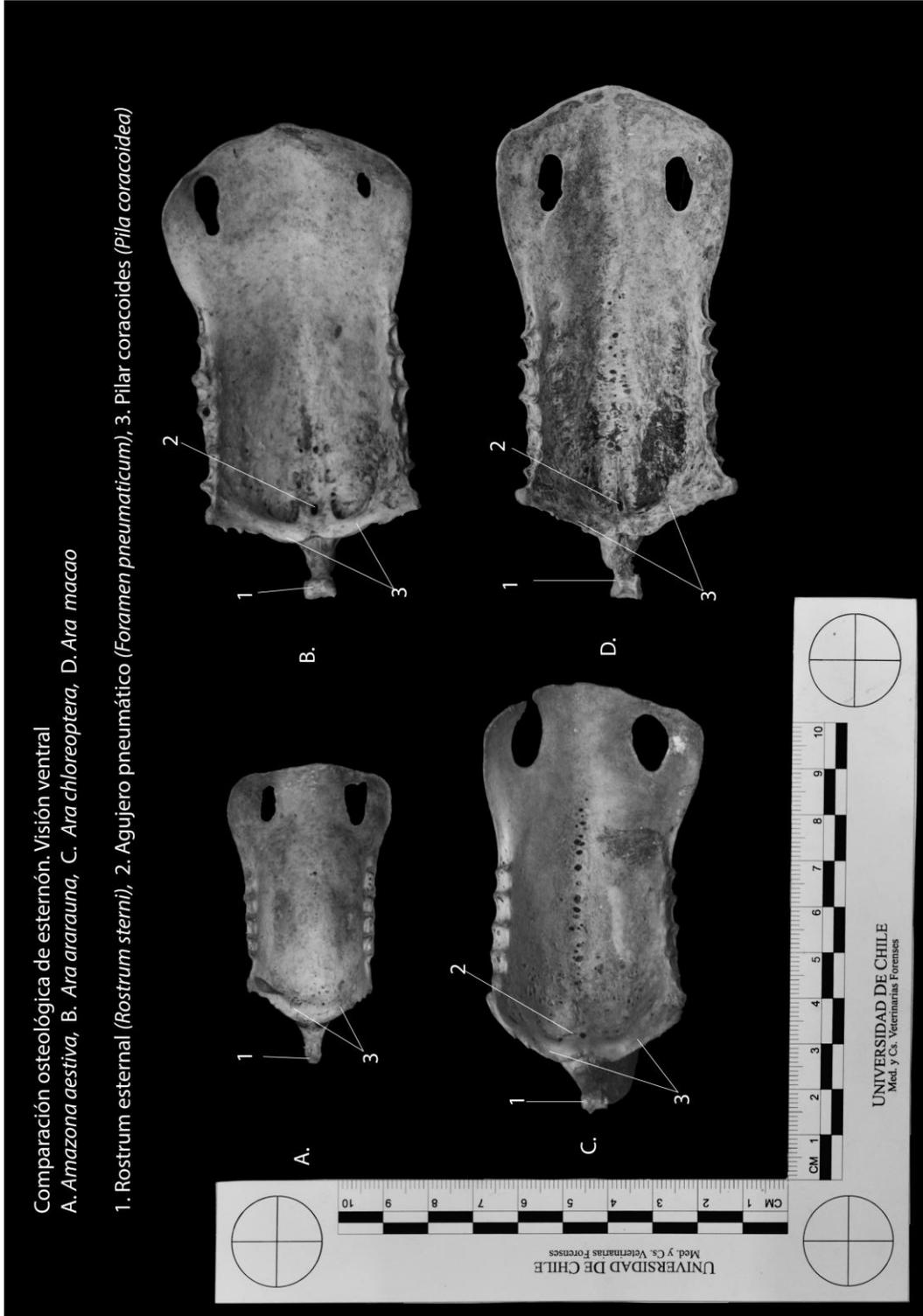


Figura 32. Vistas comparativas dorsales de esternón.



Figura 33. Vistas comparativas laterales de esternón.

Tabla 4. Tabla comparativa de esternón

ESTERNÓN	<i>AMAZONA AESTIVA</i>	<i>ARA ARARAUNA</i>	<i>ARA CHLOREOPTERA</i>	<i>ARA MACAO</i>
Rostrum esternal	Simple, dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal, forma aguzada	Simple, dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal, forma roma	Simple, dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal, forma roma	Simple, dirección dorsal inicialmente y caudal en su porción terminal, forma roma
Forma y proyección de los pilares coracoides	Forman un arco, sin proyección hacia caudal	Forman un arco, con proyección hacia caudal	Forman un arco, sin proyección hacia caudal	Forma recta, sin proyección hacia caudal
Agujero neumático	Ausente	Presente	Presente	Presente

2.5. Comparación de pelvis

Se encontraron variaciones en las siguientes estructuras:

- Hueso púbico: Para el caso de los guacamayos (Fig. 34, 35 y 36 B, C y D, número 1) es aplastado latero-lateralmente en toda su extensión, mientras que en *Amazona aestiva* (Fig. 34, 35 y 36 A, número 1), su porción craneal es aplastada dorso-ventralmente y su porción caudal aplastada latero-lateralmente.
- Espina dorsolateral del ilion: en *Amazona aestiva* (Fig. 34 A, número 3) presenta forma roma, pero esta mucho menos desarrollada. En *Ara ararauna* (Fig. 34 B, número 3) es de forma aguzada, igual que en *Ara chloreoptera* (Fig. 34 C, número 3), pero en el primero se observa un mayor desarrollo. En *Ara macao* (Fig. 34 D, número 3) si bien está desarrollada, posee una forma roma.

- Borde dorsal del ala del isquion: Presenta una ligera diferencia entre amazona (Fig. 34, 35 y 36 A, número 4) donde su forma es mayoritariamente convexa, mientras que en guacamayos (Fig. 34, 35 y 36 B, C y D, número 4) es de forma convexa y angulada (de aspecto sigmoideo).
- El agujero obturador: en *Amazona aestiva* (Fig. 34 A, 5) se delimita vagamente, mientras que en las otras especies está bien circunscrito.

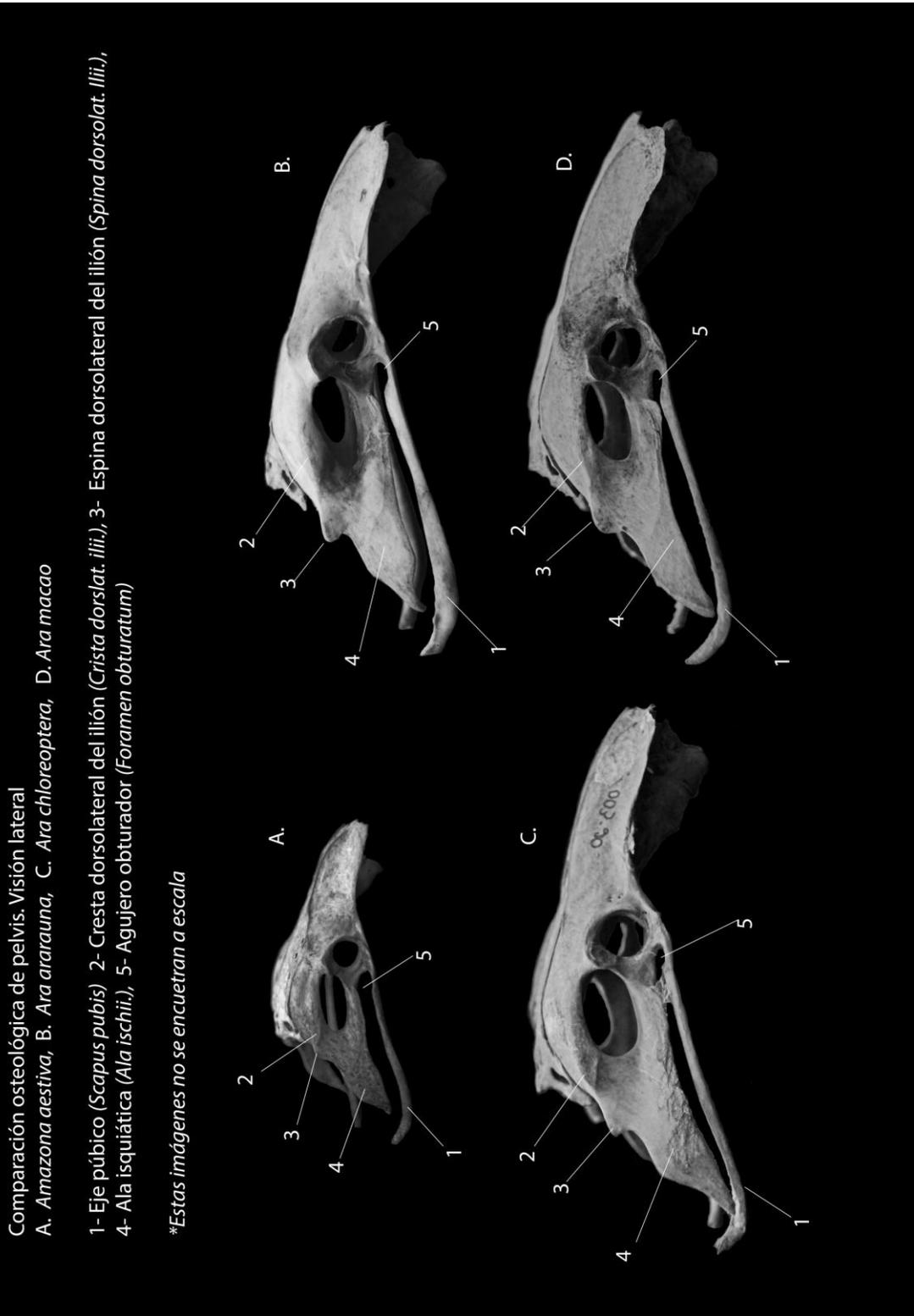


Figura 34. Vistas comparativas laterales de pelvis



Figura 35. Vistas comparativas ventrales de pelvis



Figura 36. Vistas comparativas dorsales de pelvis

Tabla 5. Tabla comparativa de pelvis

PELVIS	<i>Amazona aestiva</i>	<i>Ara ararauna</i>	<i>Ara chloeroptera</i>	<i>Ara macao</i>
Espina dorsolateral del ilion	Poco desarrollada (menos de 1 cm. aprox.) y de forma roma	Gran desarrollo (1 cm .aprox.), forma aguzada	Desarrollada (alrededor de 0,5 cm.) y de forma aguzada	Desarrollada (alrededor de 0,5 cm.) y de forma roma
Borde dorsal del ala del isquión	Convexo y curvo	Convexo y angulado	Convexo y angulado	Convexo y angulado
Pubis	Porción craneal: Aplastado dorso-ventralmente Porción caudal: Aplastado latero-lateralmente	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensión	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensión	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensión
Agujero obturador	Delimitado vagamente	Circunscrito	Circunscrito	Circunscrito

2.6. Comparación de fémur

Se encontraron diferencias en las siguientes estructuras:

- Línea intermedia craneal: principalmente en su longitud, por un lado *Amazona aestiva* y *Ara chloeroptera* (Fig. 37 A y C, número 1) se proyecta hasta el tercio distal de la diáfisis, mientras que en *Ara ararauna* (Fig. 37 B, número 1) lo hace hasta el tercio medio de la diáfisis y en *Ara macao* (Fig. 37 D, número 1), solo hasta tercio proximal de la diáfisis.
- Tróclea: *Amazona aestiva* (Fig. 37 A, número 2) presenta dos labios de la tróclea, los que no son paralelos entre sí, ya que el labio lateral va en dirección dorso-ventral medio-lateral y de mayor extensión dorsal, y el labio medial presenta una dirección dorso-ventral medio-medial. En el caso de *Ara ararauna* y *Ara chloeroptera* (Fig. 37 B y C, número 2) la tróclea presenta

dos labios, paralelos entre sí, con una disposición dorsoventral lateromedial. Finalmente los labios de la tróclea de *Ara macao* (Fig. 37 D, número 2), no son paralelos, sino que divergen desde su origen proximal hacia distal.

- Cara articular antitrocantérica: es cóncava para el caso de *Amazona aestiva* (Fig. 38 A, número 1), ligeramente cóncava en *Ara ararauna* y *Ara chloeroptera* (Fig. 38 B y C, número 1) y relativamente plana en el caso de *Ara macao* (Fig. 38 D, número 1).
- Cresta y fosa trocantérica: en *Ara ararauna* y *Ara chloeroptera* (Fig. 38 B y C, 2) esta ausente la cresta trocantérica, y por ende, también esta ausente la fosa trocantérica; por otro lado *Ara macao* y *Amazona aestiva* (Fig. 38 A y D, 2 y 3) presentaban ambas estructuras.



Figura 37. Vistas comparativas craneales de fémur



Figura 38. Vistas comparativas caudales de fémur

Tabla 6. Tabla comparativa de fémur

PELVIS	<i>Amazona aestiva</i>	<i>Ara ararauna</i>	<i>Ara chloeroptera</i>	<i>Ara macao</i>
Espina dorsolateral del ilion	Poco desarrollada (menos de 1 cm. aprox.) y de forma roma	Gran desarrollo (1 cm .aprox.), forma aguzada	Desarrollada (alrededor de 0,5 cm.) y de forma aguzada	Desarrollada (alrededor de 0,5 cm.) y de forma roma
Borde dorsal del ala del isqui6n	Convexo y curvo	Convexo y angulado	Convexo y angulado	Convexo y angulado
Pubis	Porci6n craneal: Aplastado dorso-ventralmente Porci6n caudal: Aplastado latero-lateralmente	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensi6n	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensi6n	Aplastados latero-lateralmente en toda su extensi6n
Agujero obturador	Delimitado vagamente	Circunscrito	Circunscrito	Circunscrito

DISCUSIÓN

En la actualidad el tráfico ilícito animal constituye al llamado “mercado negro” y reviste gran importancia a nivel mundial debido a las consecuencias que se derivan de él. Presenta consecuencias directas, como la disminución de especies, la introducción de especies invasoras y el riesgo de salud pública por la transmisión de patógenos a través de estas especies (Rosen y Smith, 2010; Wilson, 2010; Johnson, 2012). Además, que el tráfico de vida silvestre posee fuertes lazos con el crimen organizado, relacionándose así con envíos de otros artículos de contrabando, incluyendo drogas, armas, vehículos robados y personas, asociarse también a crímenes de corrupción y falsificación de documentos (Sellar, 2009; Wallace y Ross, 2012; Wyler y Sheik, 2013).

Las aves se encuentran entre las especies más frecuentemente comercializadas en forma ilegal (Alves *et al.*, 2013), destacando entre ellas los miembros de la familia *Emberizidae* y *Psittacidae* (Godoy y Matushima, 2010; Alves *et al.*, 2012). Los países más afectados son aquellos con una gran biodiversidad. En el caso de América del Sur destaca Brasil, que cuenta con una de las faunas más ricas de aves en el mundo, con 1.832 especies. Esta cifra representa aproximadamente el 57 % del total de especies de aves registradas en América del Sur (Alves *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2013).

Las especies utilizadas en la presente Memoria, *Amazona aestiva*, *Ara ararauna*, *Ara macao* y *Ara chloreoptera*, pertenecen a la familia *Psittacidae*, que por su gran belleza, entre otras cualidades, son vulnerables a este tipo de ilícitos.

El transporte ilícito en las aves, se realiza por variadas formas lo que genera una gran mortalidad, lo que queda en evidencia por el sin número de esqueletos semiarticulados junto a plumas, huesos aislados y trozos de ellos, encontrados en los decomisos. En estos casos se requiere la presencia de profesionales capacitados que puedan identificar la especie encontrada mediante el análisis morfológico de los hallazgos.

Dentro de las ciencias forenses, resalta la importancia de la osteología en la medicina forense humana, siendo utilizada para casos particulares, como crímenes de guerra o desastres masivos (Cattaneo, 2007). El estudio de características anatómicas particulares permiten determinar el perfil biológico y del individuo (especie, edad, sexo, ascendencia, habilidades manuales y la altura o talla), así como la causa y la naturaleza de su muerte, ayudando en la resolución de cuestiones jurídicas (Ferreira *et al.*, 2013). Una gran diversidad de estudios al respecto han sido publicados por Rainio *et al.*, (2001), Uberlaker (2009), Ramsthaller *et al.*, (2010), entre otros. Además, la osteología se utiliza en otras ramas científicas por ejemplo, en la zooarqueología, permitiendo la diferenciación a partir de restos óseos de especies de pavos extintos (Bochenski, 2007), así también en diversos estudios paleontológicos para diferenciar especies de dinosaurios u otros animales extintos hace millones de años. Es el caso del trabajo de Evans *et al.*, (2005) donde estudiaron e identificaron fósiles de lambeosaurios, adultos y juveniles. Otras publicaciones zooarqueológicas, estudiaron animales prehistóricos (Palmsqvist *et al.*, 2007), demostrando la diversidad del *megantereon* (especie de felino extinto) a través de la exploración de sus colmillos, o identificaron fósiles de anuros mediante el examen del ilión (Bever, 2005).

Si bien las técnicas morfológicas son útiles para la identificación, especialmente como un primer acercamiento en terreno (sobre todo en lugares lejanos y hostiles), existen otros métodos moleculares (como el ADN) para identificar una especie. Éstos a pesar de ser más precisos, presentan la desventaja de requerir mayor instrumentación, ser más costosos y depender de la existencia de bases de datos para su comparación (ejemplo: *Genbank*®). A esto se suma la imposibilidad de realizar esta técnica en terreno, siendo por tanto, la morfología ósea el primer paso para determinar de qué especie se trata (Sellar, 2009), y determinar su importancia en un eventual proceso judicial. Otras pruebas de identificación molecular que se pueden realizar involucran la reacción antígeno-anticuerpo, reacción en cadena de la polimerasa, hibridación de DNA (DEFRA, 2005; Johnson, 2012)). Adicionalmente a esto, la identificación de especies a través de restos óseos, se puede complementar con otras evidencias como son la presencia de plumas y huevos, entre otros. Es imperativo señalar entonces, que este trabajo es un método complementario a otras técnicas de identificación molecular, pero que permitiría a “*priori*” determinar si existen evidencias dignas de un análisis más profundo. Además de lo anterior, permite determinar en el sitio del suceso el número de individuos muertos, lo cual puede generar

medidas de mitigación, como programas de protección y conservación que lleven al resguardo de la información genética de las especies mediante la conservación de su hábitad o estableciendo mejores normativas para los delitos contra la fauna silvestre, cuando se descubre un gran mortalidad de especímenes.

Si bien, el hallazgo de restos óseos, puede ser menos frecuente que encontrar plumas o especímenes completos, con los cuales la identificación es más fácil, existe la posibilidad de encontrarlos y es importante determinar qué tan necesario es identificar la especie y/o la causa de muerte. Lo anterior sería útil para conocer la real magnitud y el impacto que hoy día se ve frente a casos de tráfico animal, caza furtiva o simplemente las causas naturales que provocan la mortalidad en especies, las que pueden verse influenciadas indirectamente con otras actividades antrópicas. Se debe determinar entonces cual es la verdadera importancia de monitorear especies silvestres y la utilidad de hacerlo no sólo con animales vivos, sino con cadáveres completos o restos de ellos.

Entre los huesos más encontrados podemos señalar algunos del esqueleto axial (cráneo, mandíbula, esternón, pelvis) y del esqueleto apendicular como son huesos largos (fémur, húmero), razón por la cual, se decidió utilizar algunos de estos huesos en nuestro estudio. Además, sustentamos el trabajo de acuerdo a lo planteado por DEFRA (2005), que señala que la identificación más precisa depende de la presencia de rasgos distintivos en el hueso, siendo los huesos mayores de las extremidades, el cráneo, la pelvis, el esternón y la cintura escapular los más adecuados para esos fines. También indica que huesos incompletos pueden dar buena información que permita la identificación de una especie (DEFRA, 2005).

La mayoría de los artículos disponibles como referencia para la identificación de las especies, se basan principalmente en el análisis de cráneo, que aporta mayores datos para ello. Sin embargo, es preciso considerar que los huesos sufren modificaciones debido a diversos factores ambientales o propios del ejemplar como son la edad, entre otros. Por esto último y sumado a la gran fragilidad del cráneo (que permite generalmente encontrar en SS sólo restos pulverizados de él), nuestro trabajo incorpora un mayor número de piezas óseas a fin de complementar y asegurar una identificación más certera.

Aunque existe una gran cantidad de tratados de anatomía aviar publicados hasta la fecha, la mayoría son estudios de siglo pasado y dirigidos a especies domésticas como la gallina y el pato. Por otro lado, el estudio anatómico de aves silvestres es limitado y la nomenclatura utilizada es confusa. Por lo anterior, nace la necesidad de realizar mayores estudios de aves silvestres orientadas a conocer su morfología, permitiendo a través de ella su identificación macroscópica como lo han hecho estudios de osteomorfología aviar en paseriformes Moreno (1985) y García (2013), en aves rapaces.

Bochenski (2007) señala que una identificación fiable siempre debe basarse en una colección comparativa, y en el caso de las especies estrechamente relacionadas se necesitan, al menos, unos pocos ejemplares de cada especie. Además, al utilizar material bien conservado la mayoría de los especímenes se puede identificar a nivel de género, y con frecuencia hasta la especie (DEFRA, 2005). Por lo anterior, se decidió trabajar con muestras de colección, a pesar del bajo número de ellas. El número de muestras utilizados difiere a otros estudios similares como son la Guía de Identificación de Paseriformes Ibéricos (Moreno, 1985), donde utilizaron 829 esqueletos, o la Guía de Rapaces (García, 2013), que utilizó aproximadamente 30 ejemplares de cada especie, contra los 4 a 5 ejemplares disponibles que fueron utilizados en esta memoria. Es posible que el trabajo requiera un mayor número muestral, para poder definir la repetitividad de las características diferenciales mencionadas en el presente trabajo e identificar posibles variaciones anatómicas en algunos ejemplares relacionadas con la edad.

Cabe señalar que no siempre es posible hallar en los sitios de suceso esqueletos articulados y/o completos, sino restos óseos que podrían haber sufrido cambios tafonómicos, que abarca los procesos de descomposición, transformación, conservación, transporte, desgaste e infiltración de los restos, desde su muerte biológica hasta su total desintegración o conservación natural o artificial o hasta su fosilización, producidos desde la muerte del individuo hasta el momento de su hallazgo. Estos cambios pueden ser provocados por factores climáticos, acción de animales o de origen antropogénico.

Mediante el análisis y la descripción anatómica comparativa realizadas en este estudio (diferencias morfológicas, presencia o ausencia de estructuras), fue posible definir algunas características distintivas entre las especies de los especímenes evaluados. En cráneo resaltan diferencias en la unión entre el proceso postorbital y arco suborbital, siendo anguloso en *Ara macao* y *Amazona aestiva* y contorneado en *Ara Ararauna* y *Ara chloreoptera*. La forma y disposición de las narinas son circulares en el *Ara macao*, el *Ara ararauna* y el *Ara chloreoptera*, mientras que *Amazona aestiva* son elípticas, además, presentan un eje longitudinal paralelo en *Ara macao*, *Ara Ararauna* y *Ara chloreoptera* y convergentes hacia el plano mediano en *Amazona aestiva*. El hueso prefrontal presenta una amplia proyección lateral en *Amazona aestiva* que no existe en las otras especies. Lo anterior no se pudo comparar con la literatura, ya que no se encontraron otros estudios de anatomía ósea de las especies en cuestión.

La mandíbula no presenta grandes diferencias, destacándose sólo la proyección rostral (rostrum mandibular) presente en la sínfisis mandibular del *Amazona aestiva* y una de menor extensión en el *Ara macao* y el *Ara chloreoptera*.

En los huesos largos sólo se encontró diferencias relevantes en el fémur, principalmente dadas por la presencia de la cresta y fosa trocantérica en el *Amazona aestiva* y el *Ara macao*. En el húmero, por otro lado, no se hallaron diferencias relevantes, además que la calidad del material de una de los especímenes no fue la óptima, lo que también puede suceder en terreno, encontrando material en mal estado de conservación.

En pelvis se observan diferencias relacionadas a la forma y desarrollo de la cresta y la espina dorsolateral del ilion, siendo en *Amazona aestiva* levemente desarrollada la cresta dorsolateral, mientras que la espina dorsolateral es poco desarrollada y de forma roma. En *Ara macao*, por su parte, la cresta dorsolateral está bien delimitada aunque poco desarrollada y espina dorsolateral bien desarrollada y de forma roma. En *Ara Ararauna* por el contrario, la cresta dorsolateral está bien delimitada y presenta gran desarrollo, por otro lado la espina dorsolateral está bien desarrolla, pero su forma es aguzada. Finalmente *Ara chloreoptera* presenta la cresta dorsolateral del ilion bien delimitada, pero de poco desarrollo y la espina bien desarrollada y de forma aguzada.

En esternón, se observaron diferencias en la forma del rostrum mandibular, siendo romo en *Ara macao*, *Ara Ararauna* y *Ara chloreoptera* y aguzado en *Amazona aestiva*. Los pilares coracoides también presentaron diferencias en su forma, teniendo el *amazona aestiva*, el *ara ararauna* y el *ara chloreoptera* una forma de arco, mientras que el *ara macao* una forma recta.

En términos generales, se puede señalar que la mayoría de las características mencionadas son útiles y permiten diferenciar fácilmente la amazona frentiazul (*Amazona aestiva*) de las otras tres especies de guacamayo (*Ara ararauna*, *Ara chloreoptera* y *Ara macao*), pero resulta difícil poder diferenciar entre estos últimos mediante las mismas comparaciones. Por este motivo, debido a que la identificación entre especies de guacamayo tiende a ser más compleja, se sugiere realizar estudios morfométricos (cuantitativos) que consideren variables como sexo, edad, entre otros, como lo indica García (2013). Este autor obtiene datos cuantitativos para la comparación de aves rapaces, como las dimensiones de los huesos, realizando comparación de proporciones entre huesos (fémur-tarsometatarso, húmero-fémur, húmero-tibiotarso, húmero-tarsometatarso), y datos cualitativos en ciertos huesos, destacando la forma del borde de las alas postacetabulares de la pelvis o la presencia de trabéculas laterales, salientes longitudinales a ambos lados del esternón. Sin embargo, este mismo estudio fue realizado con especies de aves rapaces de distintas familias (buitres, águilas, búhos), lo que se traduce en diferencias morfológicas más evidentes a simple vista. Por su parte, Moreno (1985) analizó las estructuras óseas de los passeriformes mediante datos biométricos con fines de identificación. Sin embargo, sus datos no fueron de utilidad en nuestra memoria dada la diferencia entre las familias utilizadas, pese a coincidir en los huesos utilizados en ambos estudios.

Se debe tener en consideración que la presente guía de identificación pretende permitir un acercamiento a la identificación de especies en terreno, pero debido al bajo número de muestras utilizadas, es importante enfatizar que para utilizarla es recomendable realizar el análisis de más de un hueso, y tomar en cuenta más de una estructura, para poder llegar a mejores resultados.

CONCLUSIONES

En base al presente estudio se puede afirmar que:

1- El cráneo muestra diferencias en la unión entre el proceso postorbital y arco suborbital, la forma y disposición de las narinas, la proyección del hueso prefrontal, entre las especies estudiadas.

2- La mandíbula no presenta grandes diferencias, sólo destacándose la proyección rostral (rostrum mandibular) presente en la sínfisis mandibular. En el *amazona aestiva*, el *ara ararauna* y el *ara choleroptera* presentan proyecciones del rostrum hacia rostral, mientras que el *ara macao* no presenta proyección hacia rostral.

3- En pelvis se encontraron diferencias relacionadas a la forma y desarrollo de la cresta y espina dorsolateral del ilion, principalmente en *amazona aestiva*, con respecto a los guacamayos

4- El esternón presenta diferencia a nivel del rostrum esternal, donde el *amazona aestiva* tiene una forma aguzada, mientras que el *ara ararauna*, el *ara choleroptera* y *ara macao* poseen una forma roma. Además se observó variaciones en la forma de los pilares coracoides, el *amazona aestiva*, el *ara ararauna* y el *ara choleroptera* poseen forma de arco, mientras que *ara macao* presenta una forma recta.

5- En el húmero no se encontraron diferencias, entre especies.

6- En el fémur existen variaciones en cresta y fosa trocantérica, cara articular antitrocantérica y la extensión de la línea intermedia craneal. En *ara macao* y *amazona aestiva* solamente encontramos presente la cresta y fosa trocantérica.

La identificación de especies a través del análisis de restos óseos es factible, con mayor precisión mediante datos cuantitativos, pero también es posible determinarlo a través de rasgos cualitativos de ciertas estructuras presentes en los huesos. Además a pesar de la diferencia de tamaño entre *Amazona aestiva* y los *Araras* (guacamayo), existe la posibilidad de toparse con polluelos y/o

individuos juveniles, donde la diferencia de tamaño es menor, por lo que en esos casos es útil este tipo de información.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, R.; LIMA, J.; ARAUJO, H. 2012. The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. *Bird Conserv Int.* 23 (1):53-65.

ALVES, R.; LEITE, R.; SOUTO, W.; BEZERRA, D.; LOURE-RIBEIRO, A. 2013. Ethno-ornithology and conservation of wild birds in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *J Ethnobiol Ethnomed.* 9:1-12

BAUMEL, J. 1993. *Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium.* 2th ed. Nuttall Ornithological Club. Massachusetts, Estados Unidos. 779 p.

BELL, L. 2011. Forensic science in support of wildlife conservation efforts — Morphological and chemical approaches (global trends). *Forensic Sci Rev* 23(1):30-36.

BEVER, G. 2005. Variation in the ilium of North American *Bufo* (Lissamphibia; Anura) and its implications for species-level identification of fragmentary anuran fossils. *J Vert Paleontol.* 25(3):548-560.

BOCHENSKI, Z. 2008. Identification of skeletal remains of closely related species: the pitfalls and solutions. *J Archaeol Sci* 35:1247-125.

BROAD, S.; MULLIKEN T.; ROE, D. 2003. The nature and extent of legal and illegal trade in wildlife. **In** Oldfield, S. *The Trade in Wildlife Regulation for Conservation.* Earthscan. Londres, Inglaterra. pp. 3-22.

CAMIS, I.; CASANOVA, C.; BRIZI, L. 2010. Comercio internacional de especies exóticas, mercado negro. [en línea]. <http://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/80088/comercio_internac

ional_de_especies_exoticas_mercado_negro.pdf >. [consulta: 20-05-2015]

CATTANEO, C. 2007. Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium. *Forensic Sci Int* 165:185-193.

CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES). 2016. Apéndices I, II y III. [en línea]. <<https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf>>. (Consulta: 21-05-2016).

COOPER, J.; COOPER, M. 2007. Pathology and Post-Mortem Examinations. **In:** Introduction to Veterinary and Comparative Forensic Medicine. Blackweel publishing. Oxford, Reino Unido. pp. 168-224.

CHIAPPE, L.; SALGADO, L.; CORIA, R. 2001. Embryonic skulls of titanosaur sauropod dinosaurs. *Science* 293(5539):2444-2446.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS (DEFRA). 2005. Wildlife Crime: A guide to the use of forensic and specialist techniques in the investigation of wildlife crime. Londres, Reino Unido. 90 p.

DUÑABEITA, J.; RODRÍGUEZ, J. 2004. Tráfico de animales: el tercer negocio ilegal más rentable. *Naturaren Ahtsa* 87, pp. 3-5.

DURAY, S.; MORTER, H.; SMITH, F. 1999. Morphological Variation in Cervical Spinous Processes: Potential Applications in the Forensic Identification of Race from the Skeleton. *J Forensic Sci* 44(5):937-944.

DYCE, K.; SACK, W.; WENSING, D. 1999. Anatomía de las aves domésticas. **In:** Anatomía veterinaria. 2º Edición. McGraw-Hill Interamericana. Mexico. pp 905 - 945.

EVANS, D.; FORSTER, C.; REISZ, R. 2005. The type of *tetragonosaurus erectofrons* (Ornithischia: Hadrosauridae) and the identification of juvenile Lambeosaurines. **In:** Currie, P.; Koppelhuss, E. Dinosaur provincial park: A spectacular ancient ecosystem revealed. Indiana university press. Bloomington, Estados Unidos. pp. 349-352.

FARIAS, R.; REGUEIRA, S.; BERNARD, E. 2012. Wildlife sinks: Quantifying the impact of illegal bird trade in street markets in Brazil. Elsevier. 149:16-22.

FEDUCCIA, A. 1982. Osteología de las aves. In: Anatomía de los animales domésticos. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. (2):1960-1972.

FERREIRA, R.; CARVALHO, S.; AZEVEDO, D.; DO ROSÁRIO, A.; GUIMARAES, M. 2013. Importance of the comparative anatomy in forensic anthropology - case report. Rev S Bras Odontol. 10(2):193-197.

GARCÍA, V. 2013. Guía de identificación de rapaces ibéricas por restos óseos. Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente. Madrid, España. 128 p.

GODOY, S.; MATUSHIMA, E. 2010. A Survey of Diseases in Passeriform Birds Obtained From Illegal Wildlife Trade in São Paulo City, Brazil. Avian Med and Surg, 24(3):199-209.

HAMILTON, M.; ERHART, E. 2012. Forensic Evidence Collection and Cultural Motives for Animal Harvesting. **In:** Huffman, J; Wallace, J. Wildlife Forensics: Methods and Applications. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido. pp 65-79.

JOHNSON, R. 2012. Conservation Genetics and Wildlife Forensics of Birds **In:** Huffman, J; Wallace, J. Wildlife Forensics: Methods and Applications. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido. pp 293-326.

LOW, A.; JORQUERA, D. 2012. Tráfico ilegal de especies silvestres y sus impactos. [en línea]. <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgioece/2012_sem_trafico_pon01_alow.pdf>. (Consulta: 12/05/2015).

MORENO, E. 1985. Clave osteológica para la identificación de los passeriformes ibéricos. *Ardeola*. 32(2):295-377.

PALMSVQVIST, P.; TORREGROSA, V.; PÉREZ-CLAROS, J.; MARTINEZ, B.; TURNER, A. 2007. A re-evaluation of the diversity of *Megantereon* (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) and the problem of species identification in extinct carnivores. *J Vert Paleontolo* 27(1):160-175.

RAINIO, J.; HEDMAN, M.; KARKOLA, K.; LALU, K.; PELTOLA, P.; RANTA, H.; SAJANTILLA, A.; SODERHOLM, N.; PENTTILA, A. 2001. Forensic osteological investigations in Kosovo. *Elsevier* 121(3):166-173.

RAMSTHALER, F.; KETTNER, M.; GEHL, A.; VERHOFF, M. 2010. Digital forensic osteology: Morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. *Elsevier*. 195(1-3):148-152.

ROSEN, G.; SMITH, K. 2010. Summarizing the Evidence on the International Trade in Illegal Wildlife. *EcoHealth* 7:24–32.

SCHALLER, O. 1996. *Nomenclatura Anatómica Veterinaria Ilustrada*. Acribia, Zaragoza, España. 614 p.

SCIENTIFIC WORKING GROUP FOR WILDLIFE FORENSIC SCIENCES (SWGWILD). 2012. *SWGWILD Standards and Guidelines*. [en línea]. <http://www.wildlifeforensicscience.org/documents/2013/01/swgwild-standards_and_guidelines_2-0_12192012.pdf> [consulta: 28-05-2015].

SEIJAS, S.; TEJO, A. 2011. Clave para la identificación de los passeriformes del noroeste patagónico en base a la osteología craneal. *Hornero* 26(2):129-147.

SELLAR, J. 2009. Illegal Trade and the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). **In:** Houck, M. *Forensic Sci. in wildlife investigations*. pp. 11-18.

SISSON, S.; GROSSMAN, J. 1973. The chicken. **In:** *The anatomy of the domestic animals*. 4^o edición. W. B. saunders company. Londres, Inglaterra. pp. 929 - 952.

SMITH, J.; VANN, D.; DODSON, P. 2005. Dental morphology and variation in theropod dinosaurs: implications for the taxonomic identification of isolated teeth. *Anat rec.* 285(2):699-736

UBELAKER, D. 2009. *The forensic evaluation of burned skeletal remains: A synthesis*. Elsevier. 183:1-5.

WALLACE, J.; ROSS, J. 2012. *The Application of Forensic Science to Wildlife Evidence* **In:** Huffman, J; Wallace, J. *Wildlife Forensics: Methods and Applications*. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido. pp 35-50.

WILSON, J. 1999. A nomenclature for vertebral laminae in sauropods and other saurischian dinosaurs. *J Vert Paleontolo.* 19(4):639-653.

WILSON, L. 2010. Wildlife crime: a global problem. *Forensic Sci Med Pathol* 6:221–222.

WYLER, L.; SHEIKH, P. 2013. *International Illegal Trade in Wildlife: Threats and U.S. Policy*. Congressional Research Service. pp 1-23.