



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

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CRÁNEOS DE CÁNIDOS  
PREHISPÁNICOS Y EJEMPLARES CONTEMPORÁNEOS A TRAVÉS  
DEL USO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.**

Memoria para optar al título de Médico Veterinario

**Profesor Patrocinante:** Dra. Claudia Yefi MV, PhD.  
**Estudiante:** Maite Anaís Orozco Gómez

Santiago, Chile  
2025

© **Maite Anaís Orozco Gómez y Claudia Pamela Yefi Rubio**

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

Santiago, Chile

2025

**HOJA DE CALIFICACIÓN MEMORIA DE TÍTULO**

En Santiago de Chile, el 14 de Julio, del año 2025, los abajo firmantes, dejan constancia que el (la) estudiante Maite Orozco Gómez de la carrera o programa de Medicina Veterinaria, ha aprobado la tesis para optar al título o grado académico de Médico(a) Veterinario(a) con una nota de 64.



Profesor evaluador

Claudia Yefi Rubio



Profesor evaluador

Cintya Borroni González

 15.341.266-9

Profesor evaluador

Catalina Muñoz San-Martín

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico de manera especial a mis queridas mascotas Violeta, Popy, Burbuja y Auri, gracias por ser la motivación para continuar con mi vida y con mi carrera.

A mi papá, por estar siempre a mi lado y nunca dudar de mi capacidad para seguir adelante a pesar de todas las adversidades que tuvimos que atravesar juntos.

A mi abuelita, por ser un apoyo fundamental en mi vida y cumplir con el rol de madre sin titubear, y por entregarme de tu sabiduría y resiliencia.

A mi mejor amigo Nicolás, por tu empatía y cariño como también por ser un pilar esencial en los años de carrera que pasamos juntos.

A mi tía Ana, a mis tíos, primos y el resto de la familia por recordarme que son un apoyo incondicional.

A él, por acompañarme durante este proceso y siempre, gracias por tanto amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Con profunda estima y reconocimiento, le doy mi más sincera gratitud a mi tutora de tesis, la Dra. Claudia Yefi por su dedicación docente y guía que han sido fundamentales en esta investigación.

Mi gratitud se extiende al profesor Miguel Urrutia, por compartir su sabiduría y guiar mi trabajo semana a semana, y por su inigualable amabilidad.

Expreso mis agradecimientos al equipo de asuntos estudiantiles, José Luis Placencia y Nathalie Acuña, por su liderazgo, consejos y apoyo durante este periodo.

Agradezco a la unidad de radiología y diagnóstico por imágenes del hospital clínico UC Christus, por abrirnos las puertas para obtener las tomografías para este estudio, en especial al tecnólogo médico José Vidal.

A Diego Jara, Médico Veterinario y taxidermista del Museo Nacional de Historia Natural, por su gestión y apoyo en este proyecto.

A la Dra. Catalina Muñoz por su ayuda y acompañamiento en la corrección de este escrito.

Gracias a mi querido centro de alumnos, por entregarme palabras de fuerza y ánimo cada vez que pensé en desistir.

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS .....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
3.1 MATERIALES .....	7
3.1.1 Material para análisis .....	7
3.1.2. Obtención y selección de material bibliográfico .....	8
3.1.2.1 Criterio de búsqueda .....	8
3.1.2.2 Criterios de inclusión .....	9
3.1.2.3 Criterios de exclusión .....	10
3.2 MÉTODOS .....	10
3.2.1 Toma de tomografías computarizadas .....	10
3.2.2 Muestras anatómicas .....	11
3.2.3 Procesamiento de imágenes .....	11
3.2.3.1 Análisis de imágenes computarizadas .....	12
3.2.4 Fotografía de los cráneos de cánidos .....	14
4. RESULTADOS .....	15
5. DISCUSIÓN.....	35
6. CONCLUSIONES.....	39
7. REFERENCIAS .....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de puntos anatómicos para la determinación de medidas craneométricas.....	12
<b>Tabla 2.</b> Mediciones y sus definiciones anatómicas.....	14
<b>Tabla 3.</b> Tabla correspondiente a las mediciones obtenidas en cada cráneo a través del software de reconstrucción tridimensional 3D slicer.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Registro fotográfico del posicionamiento de los cráneos con orientación hacia el gantry del tomógrafo.....	11
<b>Figura 2.</b> Posición de los puntos de referencia utilizados en el estudio. Los puntos de referencia se muestran en el cráneo de un canino doméstico en vista dorsal (A) y ventral (B) (Véase Tabla 1 para la numeración de los puntos de referencia) .....	13
<b>Figura 3.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Bóxer”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo braquicéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	16
<b>Figura 4.</b> Fotografía de cráneo de un perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Bóxer”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo braquicéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	17
<b>Figura 5.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Galgo”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo dolicocefalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	18
<b>Figura 6.</b> Fotografía de un cráneo de perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Galgo”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo dolicocefalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	19
<b>Figura 7.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Cocker spaniel”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo mesocéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	20
<b>Figura 8.</b> Fotografía de un cráneo de perro doméstico ( <i>Canis lupus familiaris</i> ), raza “Cocker Spaniel”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo mesocéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	21



<b>Figura 9.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro chilote ( <i>Lycalopex fulvipes</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	22
<b>Figura 10.</b> Fotografía de un cráneo de zorro chilote ( <i>Lycalopex fulvipes</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	23
<b>Figura 11.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro chilla ( <i>Lycalopex griseus</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	24
<b>Figura 12.</b> Fotografía de un cráneo de zorro chilla ( <i>Lycalopex griseus</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	25
<b>Figura 13.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro culpeo ( <i>Lycalopex culpaeus</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	26
<b>Figura 14.</b> Fotografía de un cráneo de zorro culpeo ( <i>Lycalopex culpaeus</i> ). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	27
<b>Figura 15.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de lobo europeo ( <i>Canis lupus lupus</i> ), A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	28
<b>Figura 16.</b> Fotografía de un cráneo de lobo europeo ( <i>Canis lupus lupus</i> ), A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	29
<b>Figura 17.</b> Tomografía reconstruida de un cráneo de momia canina (1). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	30
<b>Figura 18.</b> Fotografía de una momia canina (1). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural.....	31
<b>Figura 19.</b> Tomografía reconstruida de momia canina (2). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.....	32
<b>Figura 20.</b> Fotografía de una momia canina (2). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural.....	33

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo analizar y comparar morfométricamente cráneos de cánidos prehispánicos, silvestres y domésticos contemporáneos mediante el uso de tomografía computarizada, con el fin de identificar variaciones estructurales asociadas a procesos evolutivos y de domesticación. Para ello, se utilizaron cráneos pertenecientes a momias caninas prehispánicas, especies silvestres sudamericanas del género *Lycalopex* (chilla, chilote y culpeo), un lobo europeo (*Canis lupus lupus*) y perros domésticos actuales de distintas razas (Bóxer, Galgo y Cocker Spaniel). Las muestras fueron sometidas a escáneres de alta resolución y analizadas con el software 3D Slicer, lo que permitió la reconstrucción tridimensional y la medición de diversos índices craneométricos. Los resultados demostraron diferencias cuantificables en la morfología craneal entre los distintos grupos, evidenciando que los caninos domésticos actuales presentan características como pedomorfismo, braquicefalia y acortamiento facial, en contraste con la morfología más robusta y funcional de los cánidos silvestres y prehispánicos. Estas variaciones morfológicas se interpretan como consecuencia de la selección artificial ejercida durante el proceso de domesticación, en oposición a la selección natural que actúa sobre los cánidos silvestres. Este estudio proporciona evidencia sobre los efectos anatómicos de la domesticación en el cráneo de los caninos y aporta herramientas metodológicas útiles para estudios comparativos futuros en evolución, arqueozoología y medicina veterinaria.

**Palabras clave:** morfometría craneal, tomografía computarizada, domesticación, pedomorfismo, cánidos prehispánicos, evolución morfológica.

## ABSTRACT

This study aimed to perform a morphometric comparison of pre-Hispanic, wild, and modern domestic canid skulls through the use of computed tomography, in order to identify structural variations linked to evolutionary and domestication processes. The analyzed specimens included cranial remains from pre-Hispanic canine mummies, South American wild foxes of the *Lycalopex* genus (chilla, chilote, and culpeo), a European wolf (*Canis lupus lupus*), and modern domestic dog breeds (boxer, greyhound, and cocker spaniel). All specimens were scanned using high-resolution computed tomography and processed with the 3D Slicer software, which allowed for three-dimensional reconstruction and measurement of several craniometric indices. The results revealed measurable differences in cranial morphology between the groups, with modern domestic dogs showing features such as paedomorphism, brachycephaly, and facial shortening, contrasting with the more robust and functionally adapted skulls of wild and pre-Hispanic canids. These morphological differences are interpreted as the result of artificial selection associated with domestication, in contrast to the natural selection acting on wild canids. This research contributes to the understanding of the anatomical impacts of domestication on canine cranial structure and offers methodological tools for future comparative studies in evolutionary biology, archaeozoology, and veterinary science.

**Keywords:** cranial morphometry, computed tomography, domestication, paedomorphism, pre-Hispanic canids, morphological evolution.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los integrantes de la familia de los perros (Canidae) son parte de un linaje temprano de carnívoros (Orden Carnívora), y, primeramente, los cánidos fueron los primeros en separarse de los carnívoros caniformes, ciertos depredadores que, a pesar de sus similitudes a los perros, a parte de los cánidos, también pueden incluir a diversas familias de animales como osos, mapaches, comadreas, entre otros (Jensen, 2007).

La historia de los perros domésticos representa una pequeña parte de la extensa historia familiar de los cánidos y simboliza solo una rama de un amplio árbol genealógico de más de 36 especies de cánidos salvajes que existen en la actualidad, la evidencia fósil más antigua de perros domésticos en yacimientos arqueológicos data de hace unos 12 000-14 000 años en Eurasia occidental, mientras que la evidencia genética sugiere un origen en Asia oriental hace unos 15.000 años o posiblemente hasta 100 000 años o más (Leonard et al., 2002; Pennisi, 2002; Savolainen et al., 2002).

Desde hace años se sabe que el lobo gris (*Canis Lupus*) es la especie más parecida en el ámbito genético, al perro (*Canis Lupus Familiaris*), y esto puede sugerir en base a estudios de morfología y comportamiento, que el ancestro silvestre del perro es el lobo (Valadez, Leonardo & Vilá, 2003).

A pesar de que los perros se parecen bastante a los lobos, en forma y comportamiento existen grandes diferencias, los lobos habitan en la naturaleza, son salvajes, evitan a la humanidad y cazan su alimento, a diferencia de estos, los perros viven en cercanía de las viviendas humanas y recurren a estas para recibir comida (R. Coppinger & L. Coppinger, 2002). Analizando la dieta de los cánidos, la morfología craneofacial ofrece indicios funcionales clave, la profundidad de la fosa temporal y la longitud relativa de las ramas mandibulares son indicadores de la capacidad de masticación y procesamiento de alimentos duros. El análisis del desgaste microscópico dental proporciona información sobre el tipo de alimentos consumidos, mientras que la complejidad de la fila dental nos entrega un acercamiento específico al tipo de dieta. Además, estudios ontogenéticos muestran que las modificaciones en la forma del cráneo durante el desarrollo están relacionadas con cambios en la dieta. Estas características cualitativas permiten inferir

la dieta de los cánidos, contribuyendo al entendimiento de su ecología y evolución (Anyonge, 2006; Harano et al., 2022; Tseng & Flynn, 2015).

Las influencias ambientales, como el incremento de la aridez en el ambiente, la extensión de hábitats abiertos, disminución continua de la temperatura y las interacciones con la especie humana que recibe la especie canina, pueden generar una modificación anatómica a nivel de caracteres craneológicos, la forma de la cola y la apariencia externa general, aunque en la mayoría de estos casos las diferencias son básicamente genotípicas (Iljin, 1941; B. Figueirido, 2015).

Se cree que algunos rasgos que tienen en común los animales domesticados están relacionados genéticamente con la profunda selección por la docilidad y niveles menores de desconfianza hacia los humanos en el proceso de domesticación (Price, 2002).

Algunos cambios característicos del proceso de domesticación incluyen diferencias en el ritmo de crecimiento, normalmente expresadas como una disminución en la tasa de desarrollo, donde el individuo canino no pasa por las mismas etapas que su ancestro, lo que conlleva a que en la edad adulta este se asemeja más a su forma juvenil (Goodwin et al., 1997).

La pedomorfosis (o pedomorfismo) y la neotenia son dos tipos de heterocronía (cambios en la velocidad o el momento de desarrollo) que resultan en la retención de características juveniles en la etapa adulta. La pedomorfosis, en general, se refiere a cualquier situación en la que un organismo adulto conserva características juveniles, mientras que la neotenia es un tipo específico de pedomorfosis donde esta retención se produce por una desaceleración del desarrollo (Gould, 1977; McKinney & McNamara, 1991; Alberch et al., 1979).

La pedomorfosis en el crecimiento, a la misma vez, puede resultar en una neotenización del animal, que a menudo es demostrada en la juvenilización de la morfología craneal, también se observa en un inicio temprano de la madurez sexual (claramente un rasgo adaptativo en un animal domesticado) o en la retención de actitudes más juveniles en el animal adulto (lo que nuevamente lo convierte en un compañero doméstico más amable y dócil) (Trut, 1999).

En estudios anteriores se menciona que esta retención de características juveniles de los lobos en los perros adultos domésticos identifica la diferencia anatómica entre el ancestro y el canino domesticado (Sánchez-Villagra *et al.*, 2016). Describiéndolo morfológicamente, los rasgos de la cara relativamente más corta y el cráneo ancho de estos animales domesticados se pueden interpretar como una presentación del pedomorfismo (Coppinger & Coppinger, 2002). La relación respecto al tamaño de las dimensiones principales del cráneo durante el crecimiento, acompañado de un menor volumen corporal debido a la domesticación, pueden concluir en que el perro doméstico tenga una forma de cráneo más juvenil (E. Dechambre, 1949; R. Coppinger & R. Schneider, 1995). Un ejemplo de esta cualidad anatómica es la braquicefalia y la airorrinquia (retroflexión dorsal del hocico) que hablan sobre un cráneo angosto en relación con su ancho y un rostro rotado dorsalmente como en los bulldogs (Krämer, 2013).

La conformación del cráneo es una pauta destacable y esencial para establecer estándares de la raza canina, y los tipos de índices craneales son igual de importantes y útiles para la definición e identificación de tipos morfológicos (Alpak *et al.*, 2004). Para clasificar la forma de la cabeza canina se han trabajado diversos índices, como los índices craneales, faciales, palatinos y del hocico. Absolutamente todos estos parámetros caracterizan la forma del cráneo sustentándose en una proporción evaluada a partir de dos medidas (Longitud y ancho del cráneo). La mayor parte de estos índices se emplean para dividir a los perros en razas dolicocefalas, mesencefálicas y braquicefálicas, o de hocico extenso o corto (Kamil, 2012).

Tanto Evans (1993) como Stockard (1941) crearon índices craneométricos con el fin de lograr la clasificación de las calaveras según sus medidas de longitud y ancho. Evans emplea el ancho arco cigomático (distancia entre ambos bordes más lateralizados de la estructura) y la longitud trazando una línea recta desde el punto más craneal de la porción rostral hasta el punto más aboral de la porción caudal de la cresta nuchal, agrupando a los cánidos en tres grupos: braquicéfalos, mesocéfalos y dolicocefalos. El segundo autor mencionado utiliza la misma medición de anchura para su fórmula. Sin embargo, define la longitud como la distancia recta entre la porción rostral y caudal de la base del cráneo, dividiendo los perros en hocico corto y hocico largo.

El biotipo braquiocefálico es el sujeto donde la parte facial del cráneo es más corta y ancha. El dolicocefálico posee la porción facial del cráneo más extensa y estrecha, y el mesocefálico con una porción facial del cráneo parcialmente igual a su ancho (Evans y De Lahunta 2013).

Algunos autores crearon la clasificación llamada “Índice cefálico”, que también permite clasificar el cráneo canino en diferentes tipos, esta caracterización también se basa en la relación entre la anchura y longitud. La medición de estas rectas se mide desde la cresta de la nuca al extremo rostral de la sutura interincisiva en el caso de la longitud, y a su vez la anchura, como la distancia entre los arcos cigomáticos (Sisson & Grossman, 1974).

La morfometría tradicional es autolimitante para obtener información esencial acerca de la geometría de los huesos, por otro lado, la metodología morfométrica basada en puntos de referencia anatómicos resulta ventajosa para diferenciar la información sobre la desigualdad de tamaño y para otorgar una representación visualizable de las variaciones de la forma (Zelditch et al., 2004). En la investigación de especies existentes y extintas se han utilizado las técnicas geométricas en gran medida para caracterizar a estos individuos y así poder describir sus detalles morfológicos (Acosta y Tambussi 2006).

La morfometría al proporcionar un análisis cuantitativo de las formas y estructuras óseas se puede complementar con la utilización de la toma de imágenes a través de tomografía computarizada (TC), ya que esta técnica entrega una observación precisa y tridimensional de los cráneos sin dañarlos ni alterar sus componentes estructurales (Zelditch et al., 2004; Acosta & Tambussi, 2006).

La TC y la resonancia magnética (RM) son algunas técnicas médicas de imagenología de un tipo de tecnología más avanzada, y estas han tomado auge en la medicina veterinaria ya que tienen grandes ventajas sobre la técnica de rayos X convencional, puesto que permiten una mayor diferenciación de tejidos blandos y evitan la superposición de estructuras cercanas entre sí, el carácter resolutivo, no invasivo y la representación de la anatomía en cortes transversales propios de la TC facilitan la obtención de una visualización precisa de las relaciones morfológicas y aportan ventajas sobre las técnicas convencionales (Aguinaga et al., 2006).

El método imagenológico de diagnóstico ya mencionado anteriormente, nombrado tomografía axial computarizada (TAC) o también llamado tomografía computada, permite visualizar el interior del paciente a través de cortes milimétricos transversales al eje cefalocaudal, por medio de la utilización de rayos X (Pereira, 2004). La mayoría de los cortes de TC están orientados verticalmente al eje corporal y se llaman habitualmente cortes o secciones axiales o transversales. Para cada corte el tubo de rayos X rota alrededor del paciente para obtener un grosor de corte preseleccionado. La tomografía computarizada es la técnica de elección para adquirir imágenes axiales completas del cuerpo sin las desventajas de la interposición ósea y/o aérea de las radiografías convencionales (Hofer 2005).

La evolución de los cánidos, desde el inicio hasta el presente en el que vivimos ahora, es una temática de suma importancia para quienes utilizan al perro como objeto de estudio (Valadez, 1997).

En base a los índices craneométricos que están descritos, que permiten caracterizar a los caninos en ciertos biotipos cefálicos y que nos entregan información adicional de la funcionalidad que tiene el cráneo en base a su desarrollo evolutivo, la pregunta de investigación que surge es ¿Existen cambios mensurables en los cráneos de perros contemporáneos en comparación con los ejemplares de cánidos prehispánicos?



## 2. OBJETIVOS

### 2.1.- Objetivo general

Analizar morfométricamente cráneos de cánidos prehispánicos y contemporáneos silvestres y domésticos.

### 2.2.- Objetivos específicos

- Reconstruir tridimensionalmente cráneos de cánidos prehispánicos y contemporáneos silvestres (*Canis lupus lupus*, *Lycalopex culpaeus*, *Lycalopex fulvipes*, *Lycalopex griseus*) y caninos domésticos (*Canis lupus familiaris*).
- Medir puntos anatómicos de cráneos reconstruidos tridimensionalmente de cánidos prehispánicos y contemporáneos silvestres (*Canis lupus lupus*, *Lycalopex culpaeus*, *Lycalopex fulvipes*, *Lycalopex griseus*) y domésticos (*Canis lupus familiaris*).
- Comparar las mediciones de los puntos anatómicos de los cráneos de cánidos prehispánicos con cánidos contemporáneos.
- Comparar las mediciones de los puntos anatómicos de los cráneos de cánidos contemporáneos silvestres (*Canis lupus lupus*, *Lycalopex culpaeus*, *Lycalopex fulvipes*, *Lycalopex griseus*) y caninos domésticos (*Canis lupus familiaris*).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1 Material para análisis

- 2 cráneos de momias caninas prehispánicas (*Canis lupus familiaris*), obtenidas del Museo Nacional de Historia Natural.

-Estas muestras corresponden a dos restos óseos de dos cánidos colectados por Max Uhle en 1913, los restos óseos están constituidos por un cráneo parcial con la rama mandibular derecha con corte un transversal de origen antrópico y ausencia de la rama mandibular izquierda (Momia 1), el cuanto al otro ejemplar corresponde a un resto óseo parcial de esqueleto, comprendiendo desde el cráneo hasta la región torácica (T6) (Momia 2), el contexto de la zona de estudio es un cementerio de la cultura Tiahuanaco- Atacameño con restos óseos humanos (800 a 1300 A.P.) las piezas corresponden a la Colección Max Uhle de Pisagua, depositada en el Museo Nacional de Historia Natural de Chile (Museo Nacional de Historia Natural, 2025).

-La Colección Uhle de Pisagua contiene el registro biológico y cultural de una población costera desde el Período Formativo al Intermedio Tardío (1000 a.C. -1400 d.C.). Los materiales de esta colección son el producto de los trabajos de excavación realizados en 1913 por Max Uhle en cuatro cementerios próximos a la localidad de Pisagua, en el Norte Grande de Chile. El Cementerio “Tiahuanaco Atacameño” corresponde a la ocupación tardía en la localidad de Pisagua (Museo Nacional de Historia Natural, 2025).

- 1 cráneo de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), obtenido del Museo Nacional de Historia Natural.
- 1 cráneo de zorro chilote (*Lycalopex fulvipes*), obtenido del Museo Nacional de Historia Natural.
- 1 cráneo de zorro chilla (*Lycalopex griseus*), obtenido del Museo Nacional de Historia Natural.
- 1 cráneo de lobo europeo (*Canis lupus lupus*), obtenido del Museo Nacional de Historia Natural.

- 1 cráneo de perro raza Bóxer (*Canis lupus familiaris*), obtenido del Médico Veterinario Diego Jara.
- 1 cráneo de perro raza Galgo (*Canis lupus familiaris*), obtenido del Médico Veterinario Diego Jara.
- 1 cráneo de perro raza Cocker Spaniel (*Canis lupus familiaris*), obtenido del Médico Veterinario Diego Jara.
- 1 cámara fotográfica digital Nikon D3500.
- Scanner Philips Brilliance 64.
- Disco duro externo 2.5 Sata USB 3.0.
- Software 3D Slicer.
- Notebook HP Pavilion 15.
- Alusa film.
- Marcador permanente doble punta negro Sharpie.

### **3.1.2. Obtención y selección de material bibliográfico**

La localización del material bibliográfico se realizará mediante la búsqueda en las bases de datos disponibles en la biblioteca de la Universidad San Sebastián tales como: Medline, Science Direct, EBSCO, Elsevier, Dialnet. Servicio Internacional de Información Veterinaria (IVIS), Metabuscador PUBMED y motores de búsqueda como Google Académico.

#### **3.1.2.1 Criterio de búsqueda**

Para ubicar los artículos en las bases de datos, se utilizarán los siguientes términos de búsqueda:

#### **Términos de búsqueda**

Perro doméstico

Morfología canina

Índices cefálicos

Momificación

Anatomía Canina

Evolución de los cánidos

Biotipos cefálicos caninos

### **3.1.2.2 Criterios de inclusión**

Se utilizaron cráneos pertenecientes al perro doméstico (*C. familiaris*), cráneos de especies caninas que antiguamente habitaron diversas regiones prehispánicas de Chile y cráneos de cánidos silvestres (*L. culpaeus*, *L. fulvipes*, *L. griseus*, *C. Lupus*). Los cráneos de individuos contemporáneos no pasaron de los 5 años de antigüedad (período 2020-2025).

Todos los cráneos prehispánicos utilizados datan de un período de tiempo desconocido, sin embargo, existe documentación o registros sobre la especie, ubicación de donde provienen, y otros datos que pudiesen ser relevantes para esta investigación.

Dentro de las condiciones que presentaron los cráneos se incluyeron solo los que se encontraban en un estado bien conservado que permitió analizar en ellos la morfología mediante scanner, y sin deformaciones que pudiesen afectar la precisión de este estudio.

Se utilizó material bibliográfico exclusivo de revistas científicas, tesis y libros, que tratan temas relacionados con la morfología de la especie canina, evolución y domesticación de esta especie, y también artículos que describieron influencias ambientales que permitieron generar una modificación a nivel osteológico en los individuos estudiados. También se incluyeron investigaciones sobre las diversas técnicas de análisis morfométricos que permitieron determinar cambios entre los individuos prehispánicos y los especímenes actuales, estos estudios tienen énfasis en contextos de arqueología y especies caninas.

El material bibliográfico utilizado data de un rango de tiempo extenso, ya que se estudiaron elementos osteológicos de caninos con una antigüedad evidente.

### **3.1.2.3 Criterios de exclusión**

Se excluyó toda información que proviniera de fuentes que no sean de origen académico o científico, que carezcan de rigurosidad científica y de una metodología conocida y validada. También se descartaron artículos de prensa o informes de noticias que abordan el tema de manera superficial o sin ninguna evidencia empírica concreta ya que estos no proporcionan el detalle científico necesario para este tipo de investigación.

No se incluyeron estudios que no aborden directamente la morfometría, la evolución o la domesticación de los cánidos: Se excluyeron fuentes que estén centrados en temas tangenciales, como el comportamiento de los perros, o temas veterinarios sin relación con la morfología craneal.

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1 Toma de tomografías computarizadas**

Los scanners fueron tomados en la unidad de escáner del servicio de radiología y diagnóstico por imágenes del hospital UC Christus de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), en Santiago, Chile. Para la obtención de imágenes tomográficas computarizadas de cráneos de cánidos, se utilizó el escáner Philips Brilliance 64, un tomógrafo axial computarizado (TAC) de alta resolución, equipado con un sistema de adquisición multicorte de 64 cortes. Este tipo de equipo permitió la captura rápida y detallada de imágenes en secciones finas del cráneo. Previamente al escaneo, los cráneos fueron envueltos individualmente en papel alusa (plástico transparente) para protegerlos del polvo y conservar su integridad estructural. Cada espécimen fue debidamente rotulado con información de identificación (como número de muestra, especie o raza, y procedencia), y transportado cuidadosamente en cajas plásticas rígidas que aseguren una manipulación estable y segura durante el traslado desde el Museo de Historia Natural y laboratorio de anatomía veterinaria de la Universidad San Sebastián, hasta las instalaciones donde se encuentra el escáner. Una vez en el centro de imágenes, los especímenes fueron colocados cuidadosamente sobre la mesa del tomógrafo, con orientación cefálica hacia el gantry.



**Autor de la fotografía: Diego Jara, 2025.**

**Figura 1.** Registro fotográfico del posicionamiento de los cráneos con orientación hacia el gantry del tomógrafo.

### **3.2.2 Muestras anatómicas**

Los diferentes cráneos prehispánicos caninos y las muestras osteológicas de cánidos silvestres que se utilizaron para la investigación se encuentran en el Museo Nacional de Historia Natural en Santiago, Chile y fueron llevados al Hospital de la Pontificia Universidad Católica para la toma de imágenes computarizadas por el Dr. Diego Jara. También se utilizaron calaveras que se encontraban en el laboratorio de anatomía veterinaria de la Universidad San Sebastián, sede Santiago, estas muestras fueron trasladadas por la Dra. Claudia Yefi hacia el hospital.

### **3.2.3 Procesamiento de imágenes**

En el presente estudio, se utilizó el software 3D slicer, una plataforma especializada en la visualización, procesamiento y análisis de imágenes médicas y datos volumétricos,

para llevar a cabo el análisis morfométrico tridimensional de cráneos de cánidos pertenecientes a contextos arqueológicos prehispánicos y muestras contemporáneas.

Las imágenes para utilizar con este programa fueron obtenidas mediante escáneres de TC de alta resolución descritos anteriormente. Estos archivos fueron utilizados en formato DCM (dicom) e importados a 3D Slicer, donde se aplicaron procedimientos de segmentación para aislar los cráneos del resto del volumen escaneado. Para ello, se utilizó la herramienta editora de segmentos (*segment editor*), seleccionando técnicas como thresholding, scissors e islands, permitiendo una delimitación precisa de las estructuras óseas. Una vez segmentados, los cráneos fueron reconstruidos en modelos tridimensionales utilizando el módulo segmentations de 3D Slicer.

### 3.2.3.1 Análisis de imágenes computarizadas

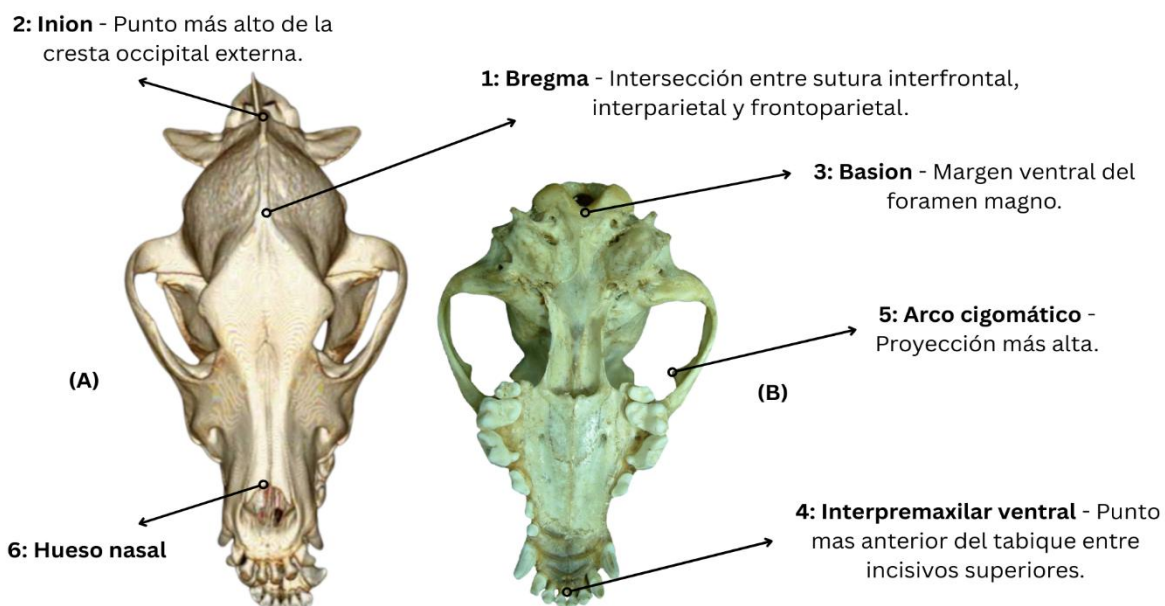
El análisis morfométrico se centró en la identificación y colocación de puntos anatómicos o *landmarks* sobre los modelos 3D. Para esta parte del estudio se utilizó el módulo Slicer Morph, una extensión desarrollada específicamente para el estudio de la forma y la morfometría geométrica. Se definieron puntos de referencia homologables entre los ejemplares de cánidos prehispánicos y cánidos contemporáneos, que permitieron la comparación de sus estructuras craneales.

A continuación, se detallan cada uno de los puntos anatómicos con su respectiva descripción anatómica (Véase Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción de puntos anatómicos para la determinación de medidas craneométricas.

ID	Puntos anatómicos o <i>Landmarks</i>	Descripción anatómica
1	Bregma	Intersección de suturas interfrontal, interparietal y frontoparietal
2	Inion	Punto más alto de la protuberancia occipital externa
3	Basion	Margen ventral del foramen magno

<b>4</b>	Interpremaxilar ventral	Punto más craneal del tabique entre incisivos superiores
<b>5</b>	Arco cigomático derecho e izquierdo	Proyección más alta
<b>6</b>	Hueso nasal	Punta anterior.



**Autoría propia.**

**Figura 2.** Posición de los puntos de referencia utilizados en el estudio. Los puntos de referencia se muestran en el cráneo de un canino doméstico en vista dorsal (A) y ventral (B) (Véase Tabla 1 para la numeración de los puntos de referencia).

A continuación, se detallan cada una de las mediciones craneométricas trabajadas en este estudio (Véase Tabla 2).

**Tabla 2.** Mediciones y sus definiciones anatómicas.

<b>Medición</b>	<b>Fórmula en base a puntos anatómicos</b>
Longitud total del cráneo	Distancia entre interpremaxilar e inion.



Altura craneal	Distancia entre basion y bregma.
Longitud basal	Distancia entre basion e interpremaxilar.
Longitud rostro-cráneo	Distancia entre interpremaxilar y hueso nasal.
Anchura cigomática	Distancia entre la proyección más alta del proceso cigomático derecho e izquierdo.

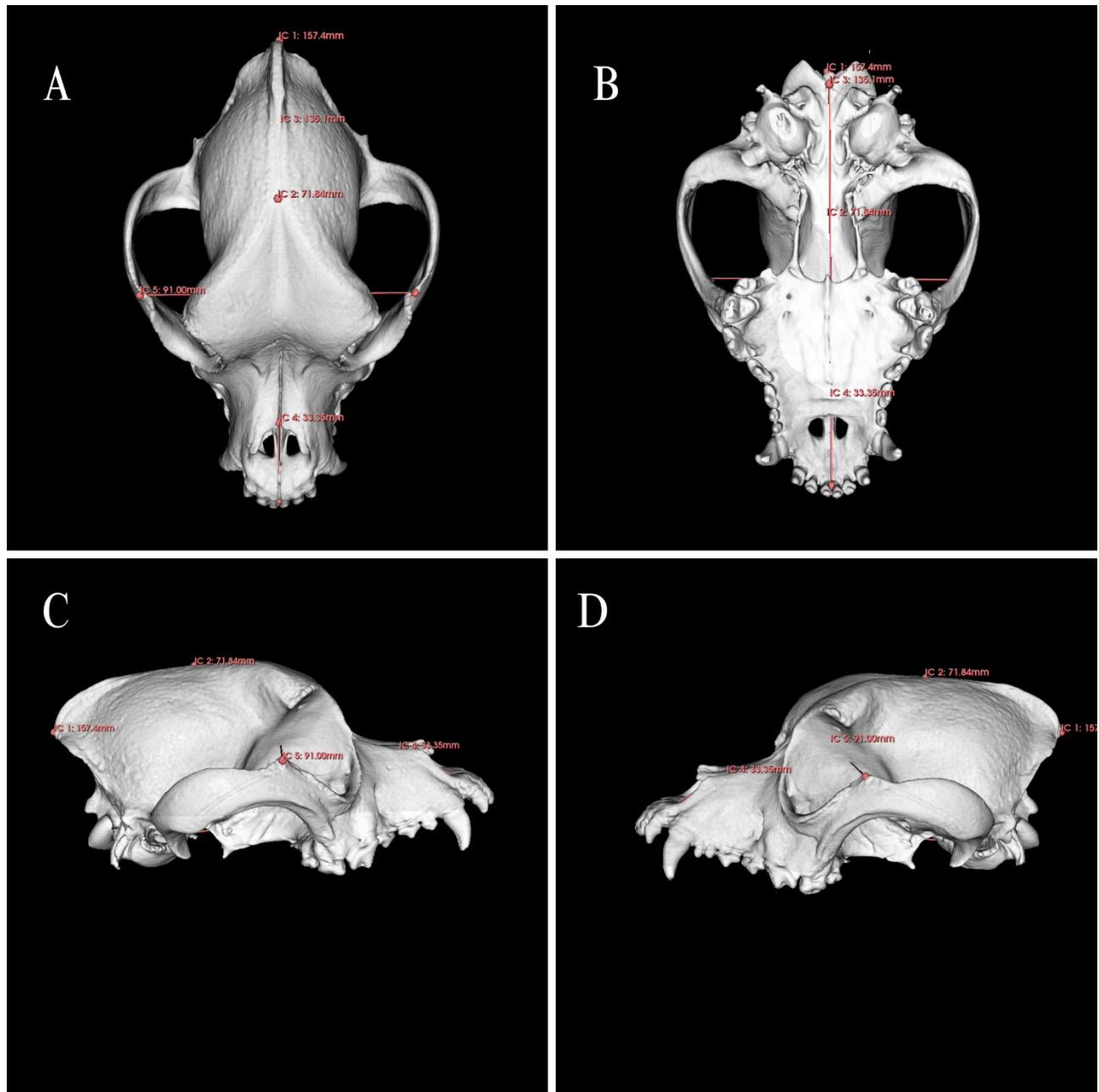
### 3.2.4 Fotografía de los cráneos de cánidos

Para el registro visual de los cráneos de cánidos incluidos en este estudio ya sean silvestres como prehispánicos y domésticos se utilizó una cámara digital Nikon D3500, la cual permitirá la obtención de imágenes de alta resolución, adecuadas para su posterior análisis morfológico y comparación visual.

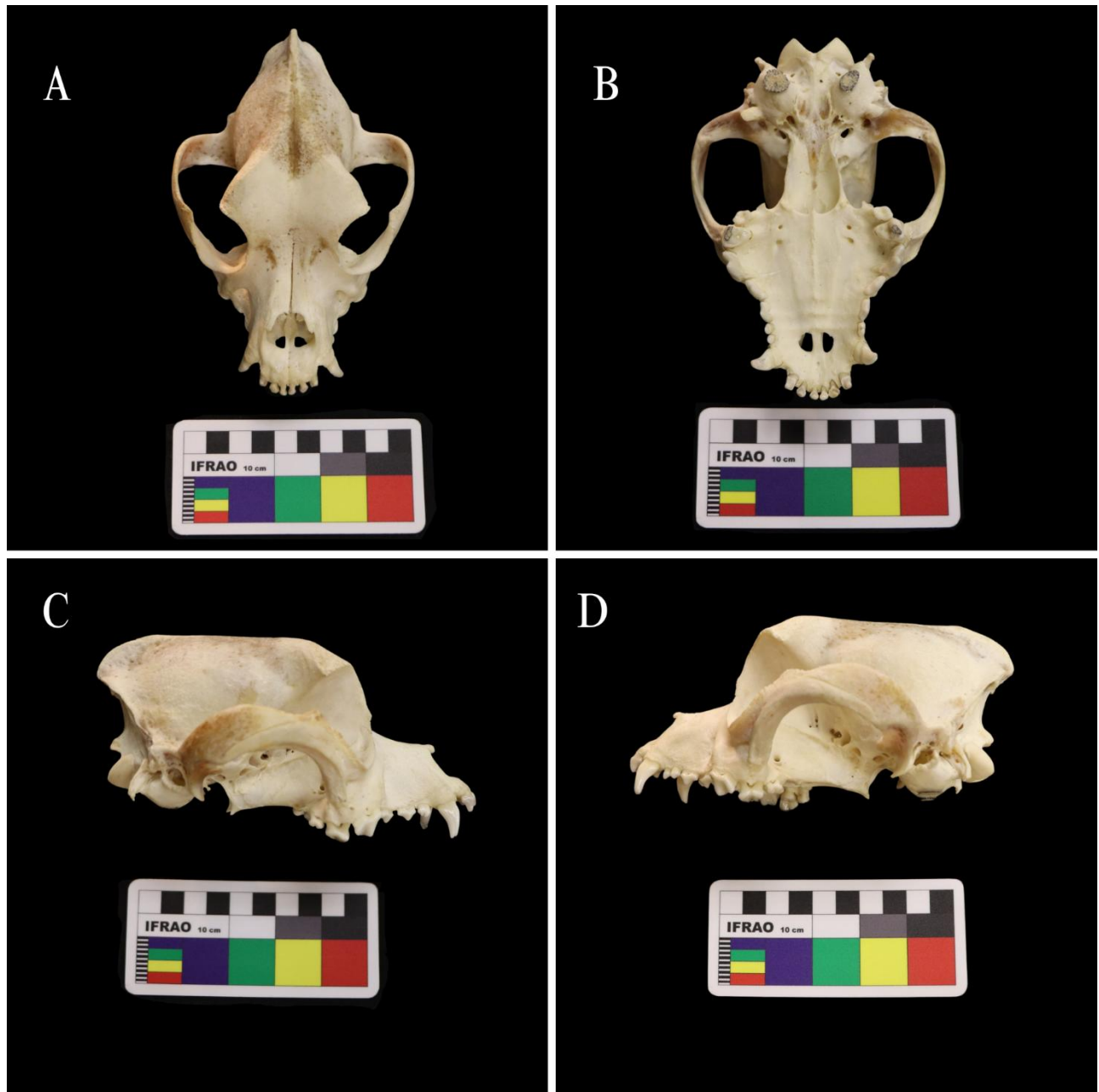
Las fotografías fueron tomadas en las instalaciones de la Universidad San Sebastián, sede Bellavista, en Santiago de Chile y en el Museo Nacional de Historia Natural. Los cráneos fueron dispuestos individualmente sobre una mesa rectangular, utilizando como fondo una tela negra opaca, con el fin de generar un contraste uniforme que facilitará la observación de los detalles anatómicos. Cada espécimen fue fotografiado desde múltiples ángulos estándar (vista dorsal, lateral izquierdo, lateral derecho y ventral), manteniendo una distancia constante y condiciones de iluminación artificial.

#### 4. RESULTADOS

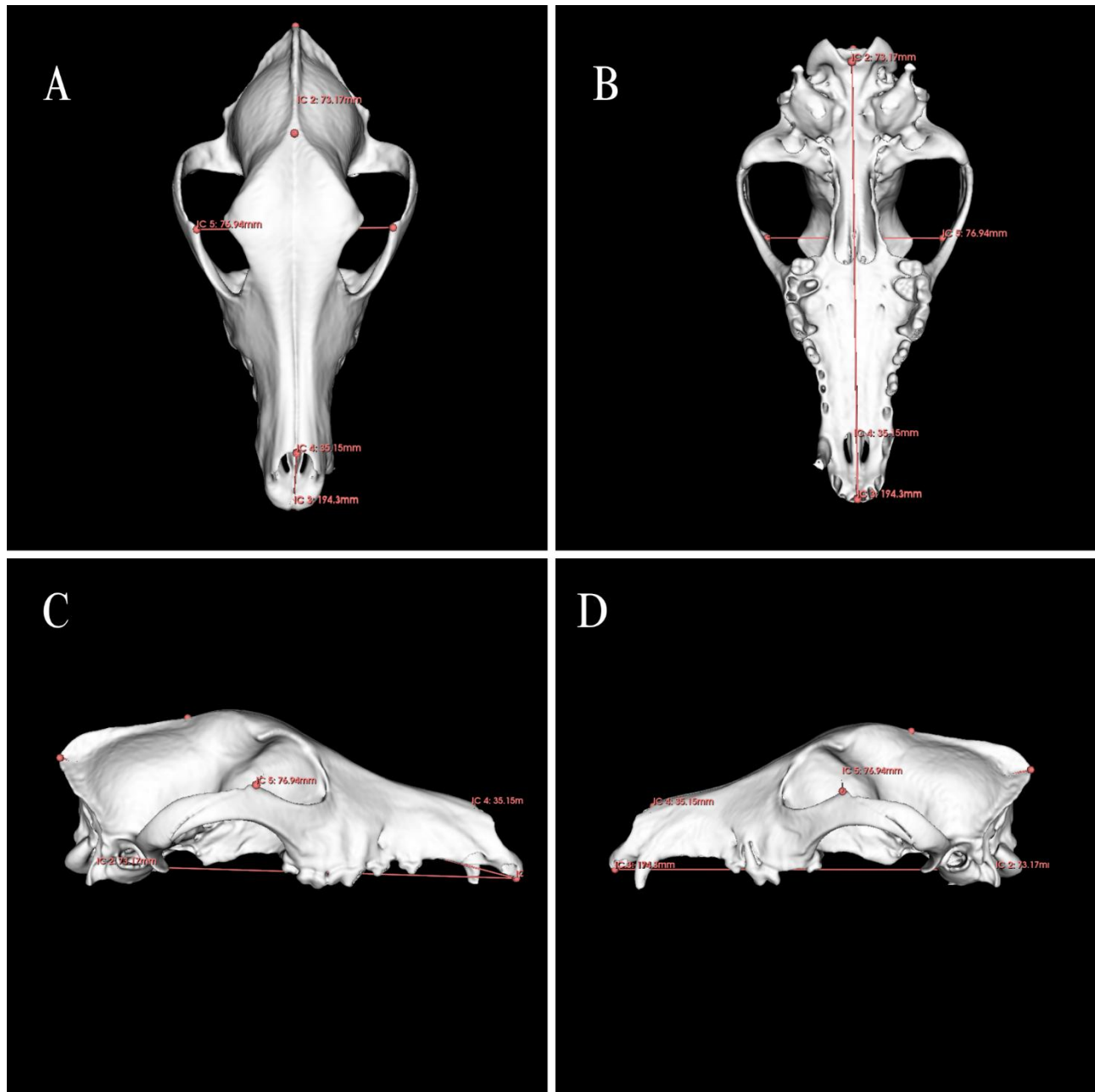
A modo general, las imágenes tomadas y procesadas correspondientes a diferentes tipos de carnívoros, según las características de la especie, de entre las cuales se inicia con el perro doméstico (*C. familiaris*) (Figuras “3”-“8”), clasificados según “fenotipos raciales”, “biotipo de cráneo” y “Vistas”, seguido de los vulpinos, ordenados según especie y vistas, siendo estas: Zorro chilote (*L. fulvipes*) (Figuras “9”-“10”), Zorro chilla (*L. griseus*) (Figuras 11”-“12”) y Zorro culpeo (*L. culpaeus*) (Figuras “13”-“14”) respectivamente, continuando con las imágenes obtenidas del Lobo europeo (*C. lupus*) (Figuras “15”-“16”), y concluyendo con los cráneos tomados del Museo Nacional de Historia Natural perteneciente a momias caninas (Figuras “17”-“20”) sin mayores especificaciones.



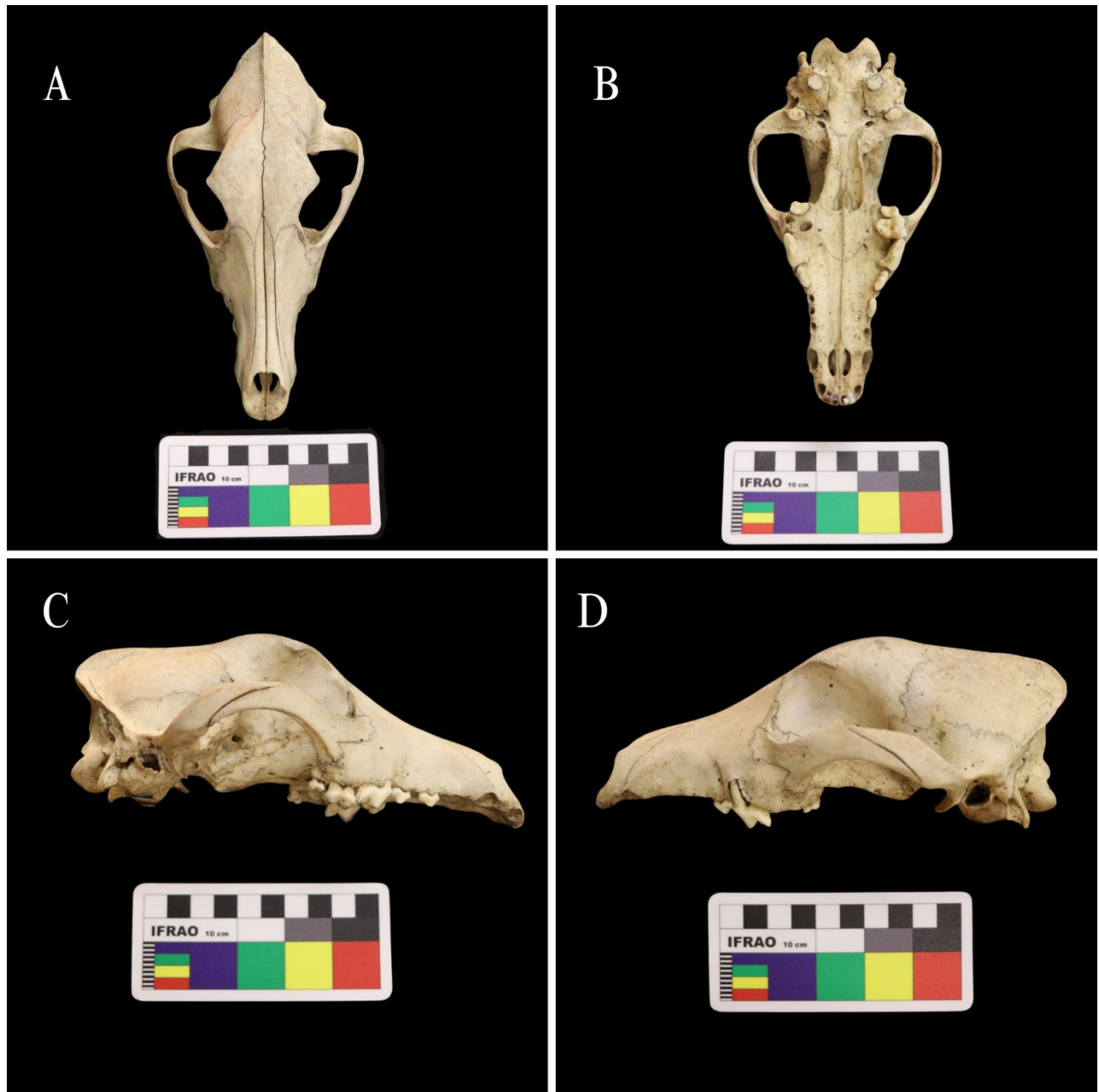
**Figura 3.** Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico (*C. familiaris*), raza “Bóxer”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo braquicéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



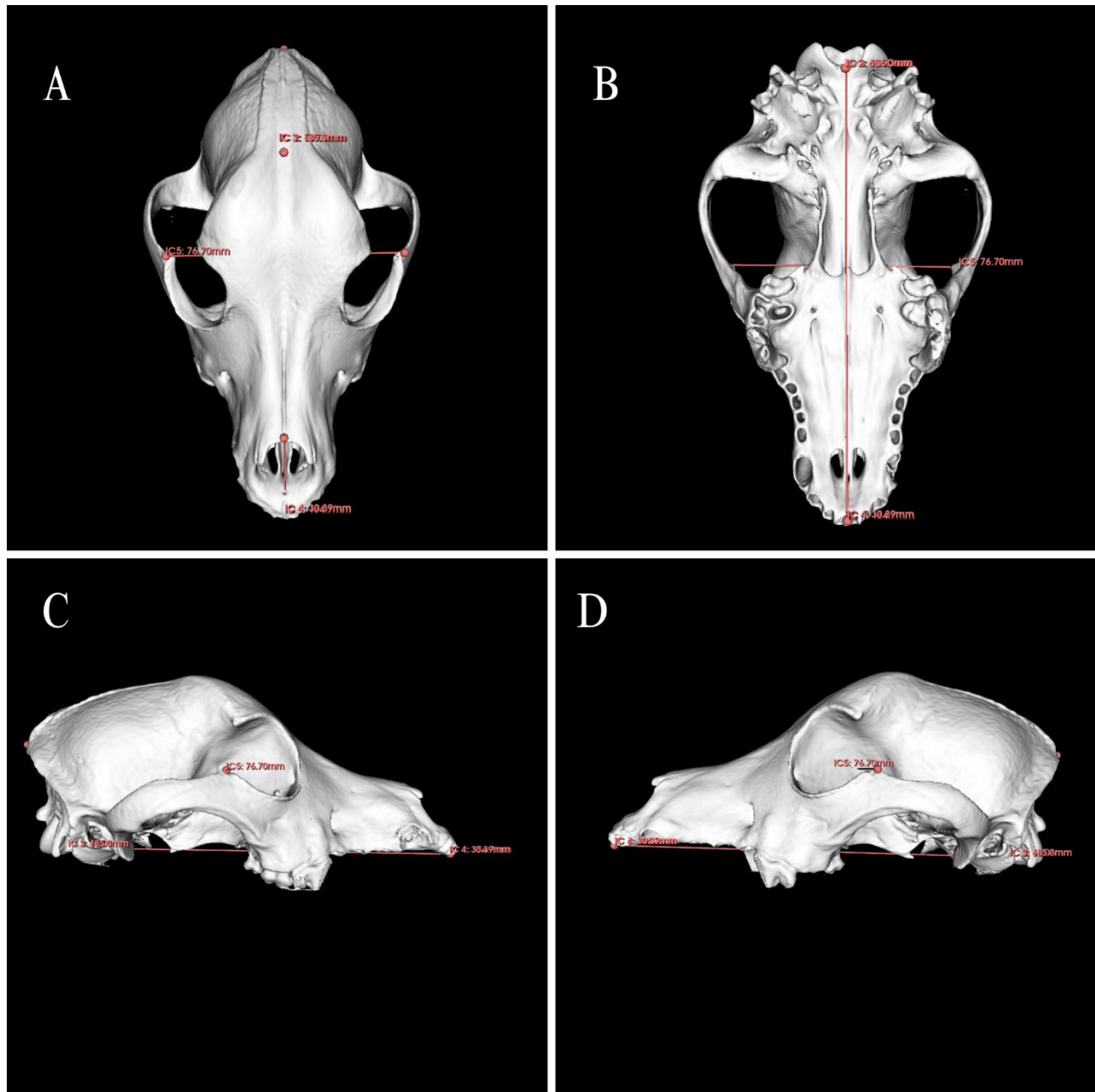
**Figura 4.** Fotografía de cráneo de un perro doméstico (*C.familiaris*), raza “Bóxer”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo braquicéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



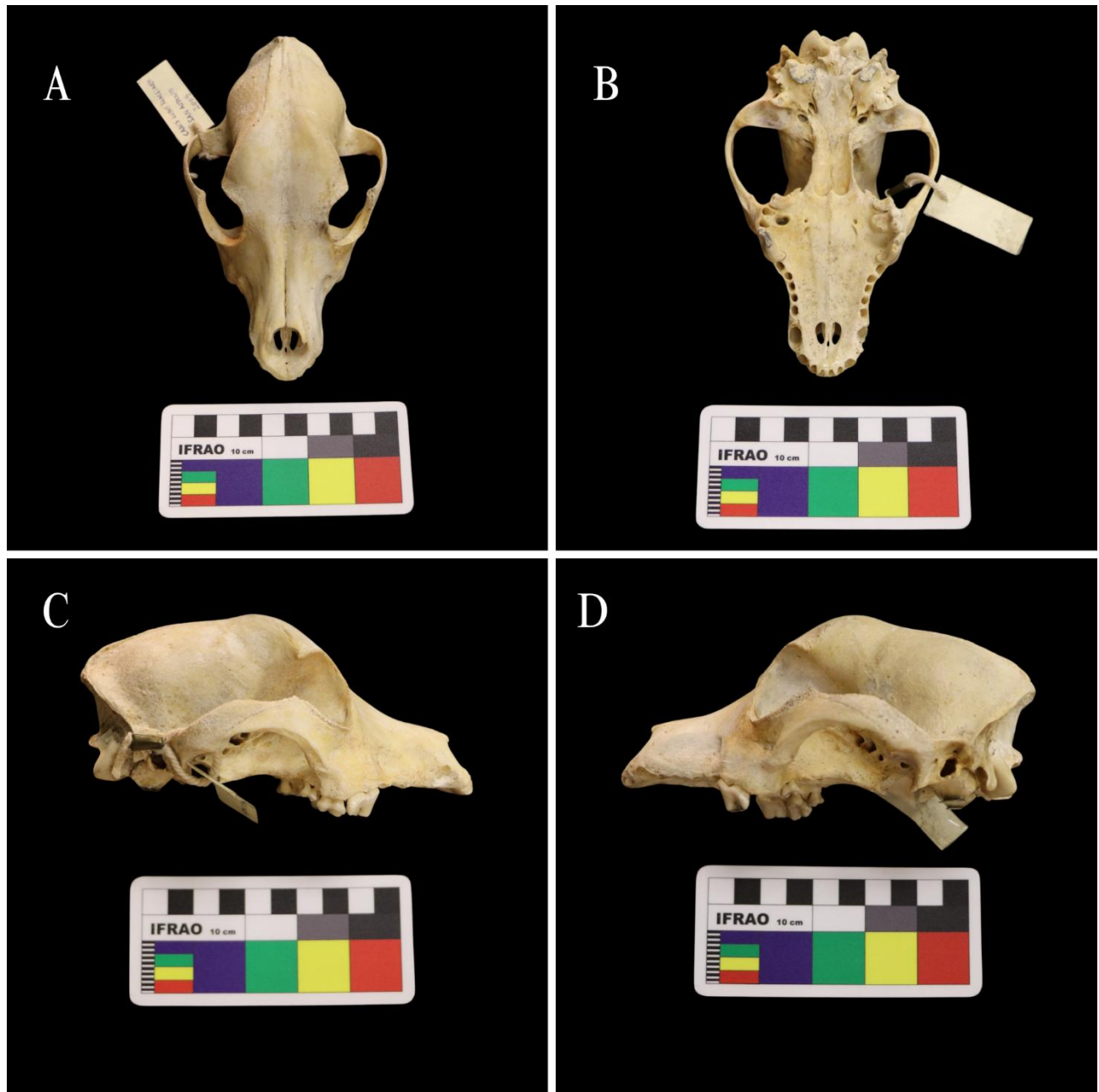
**Figura 5.** Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico (*C.familiaris*), raza “Galgo”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo dolicocefalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



**Figura 6.** Fotografía de un cráneo de perro doméstico (*C.familiaris*), raza “Galgo”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo dolicocefalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.

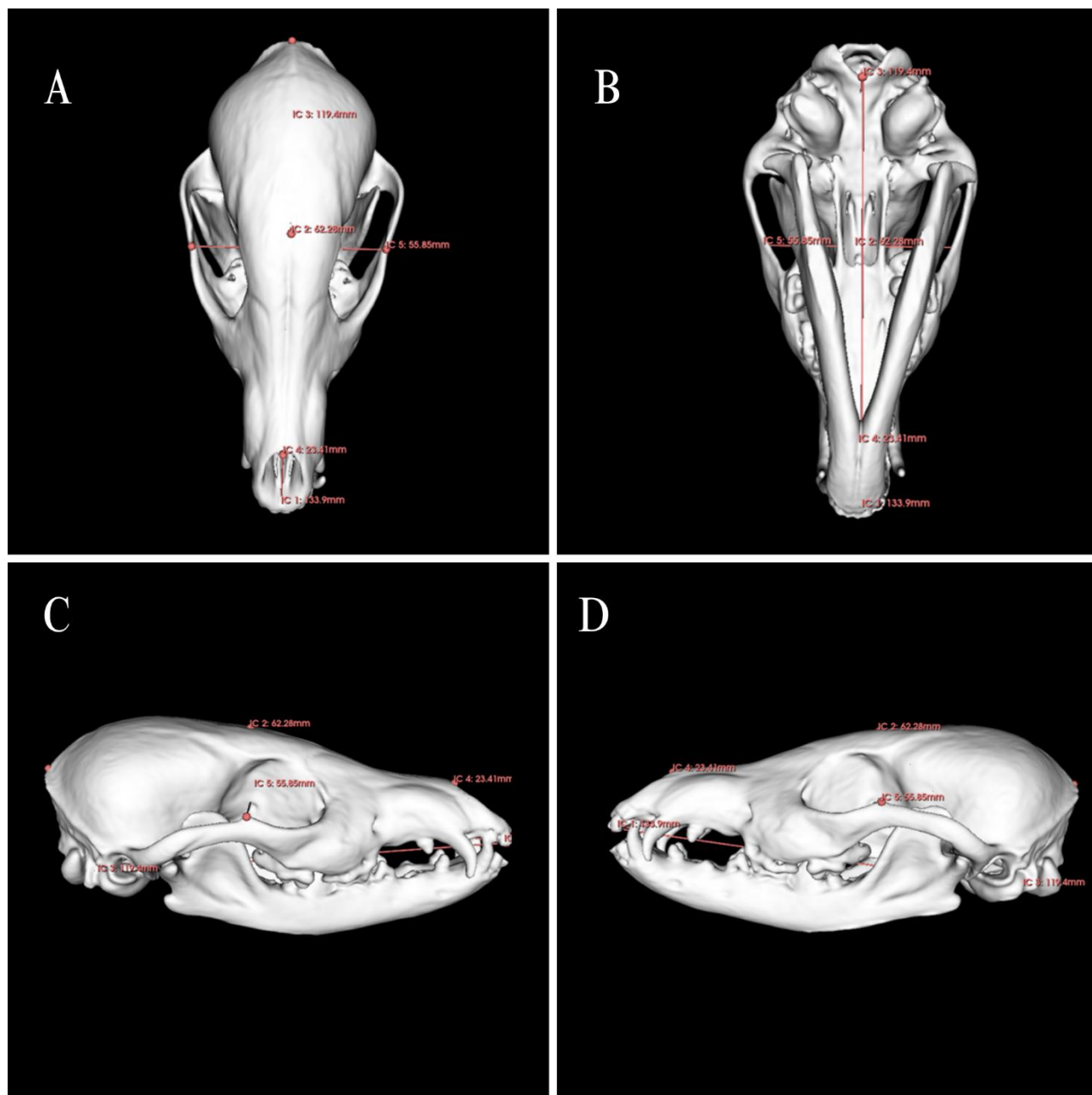


**Figura 7.** Tomografía reconstruida de un cráneo de perro doméstico (*C. familiaris*), raza “Cocker spaniel”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo mesocéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.

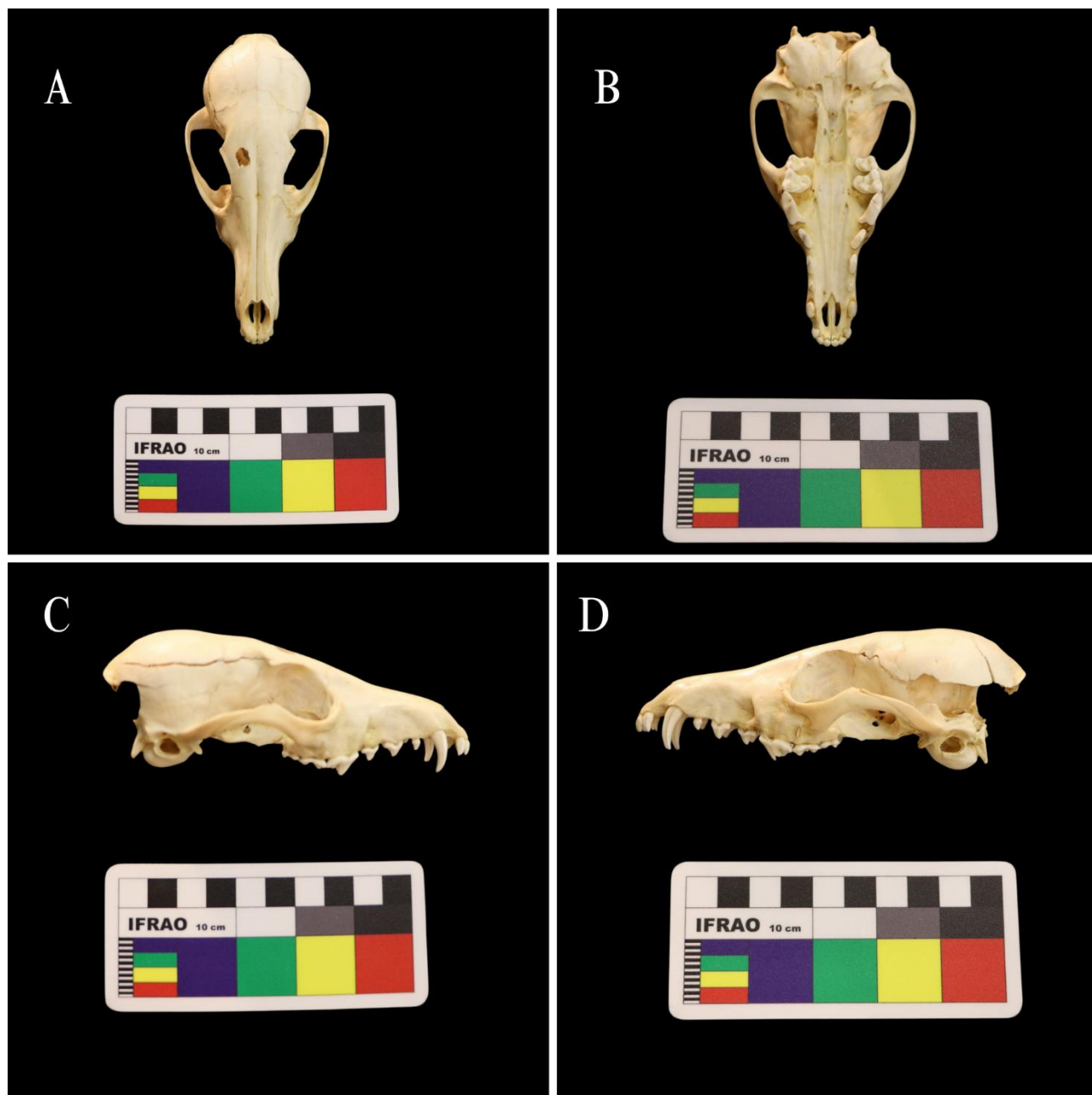


**Figura 8.** Fotografía de un cráneo de perro doméstico (*C.familiaris*), raza “Cocker Spaniel”. Biotipo de cráneo correspondiente a un individuo mesocéfalo. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.

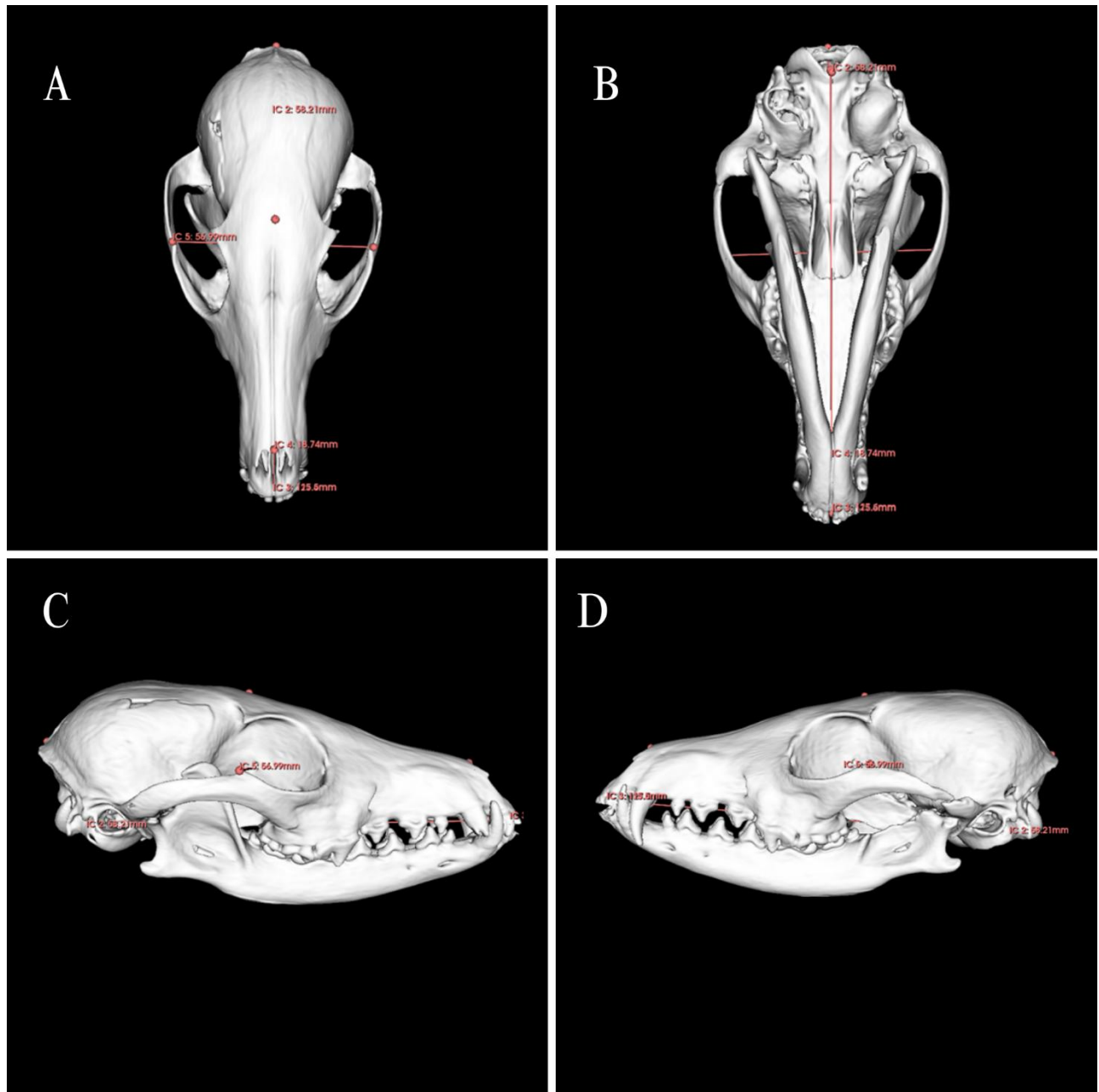




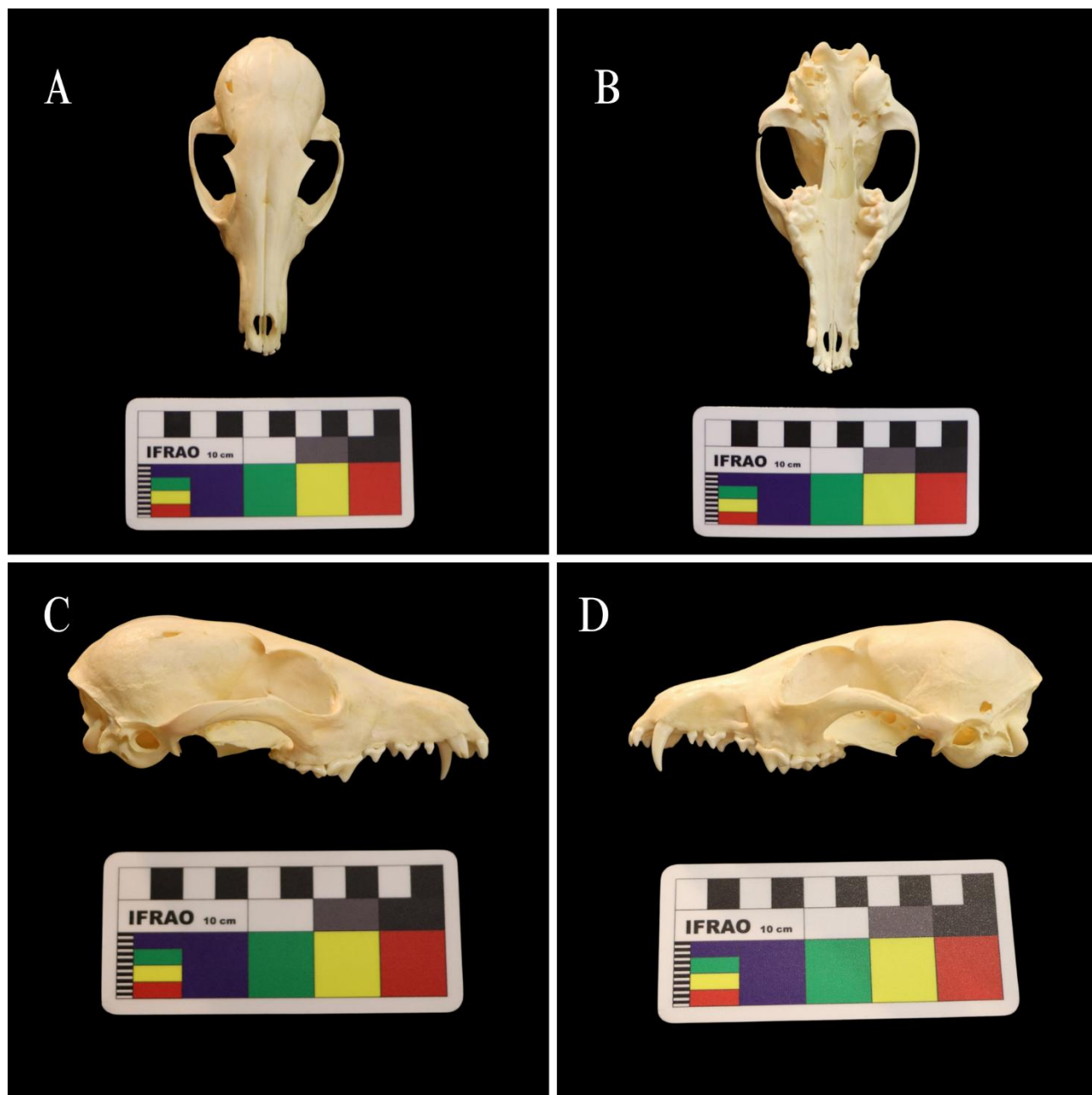
**Figura 9.** Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro chilote (*L. fulvipes*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



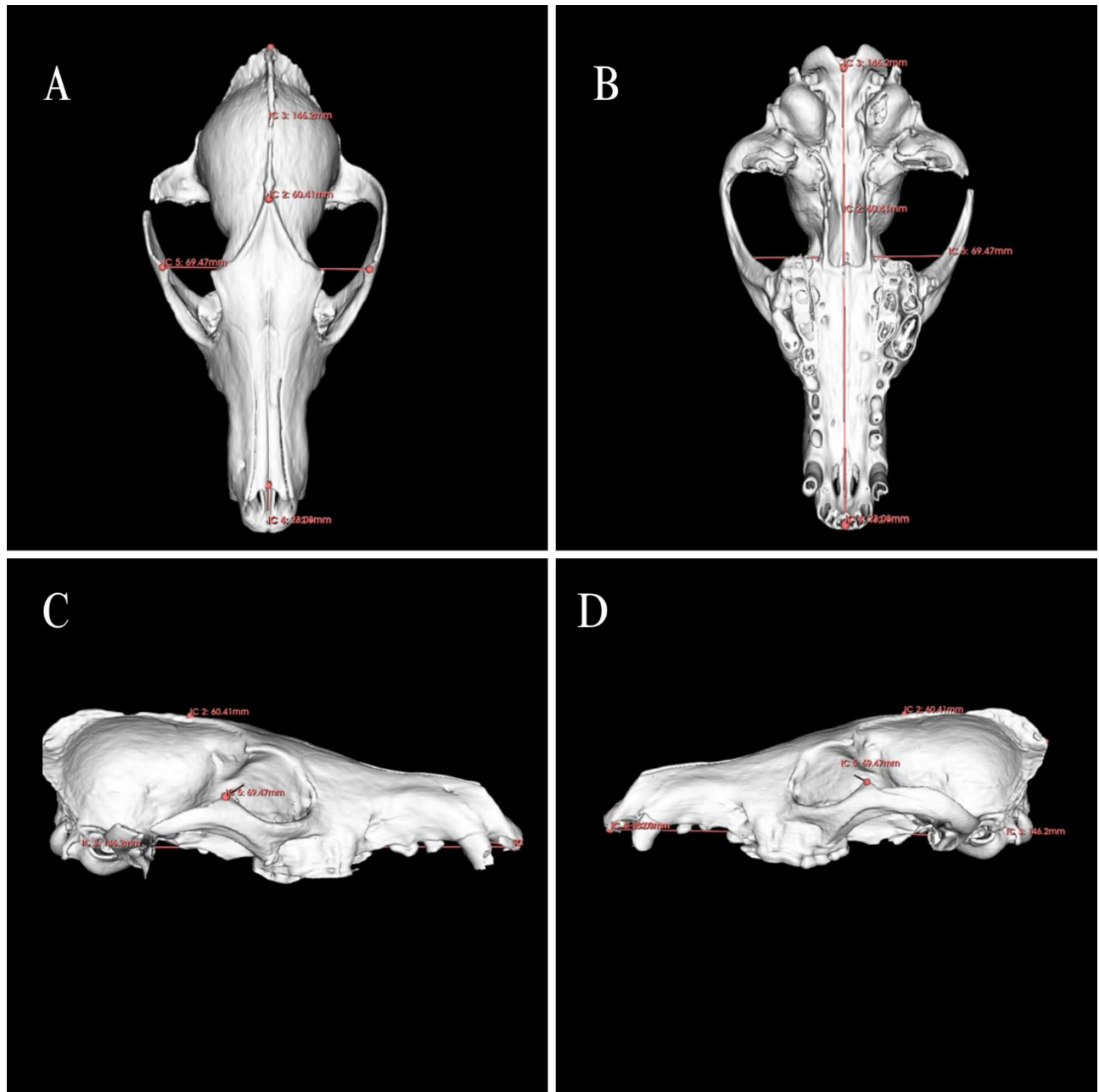
**Figura 10.** Fotografía de un cráneo de zorro chilote (*L. fulvipes*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



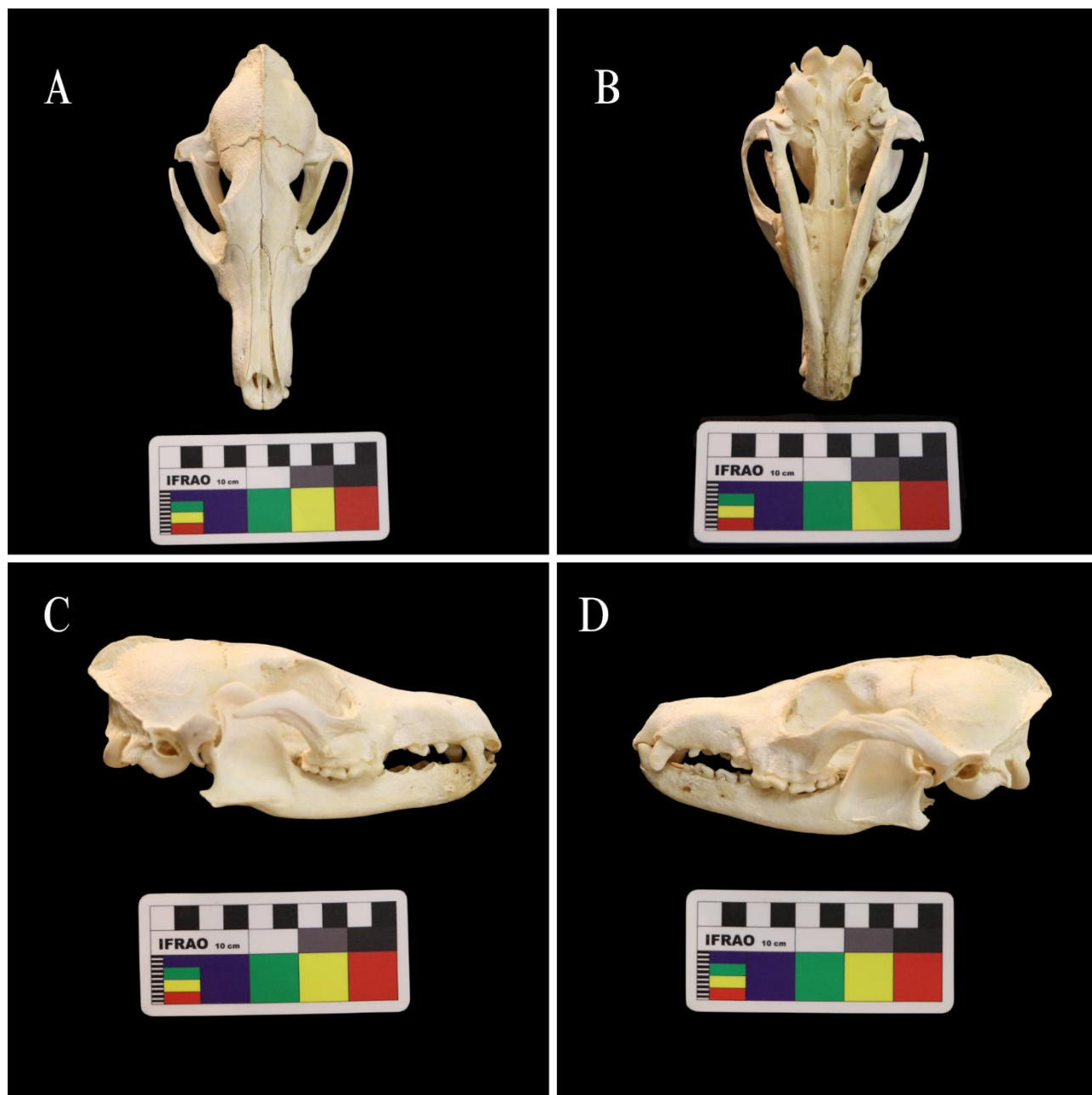
**Figura 11.** Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro chilla (*L. griseus*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



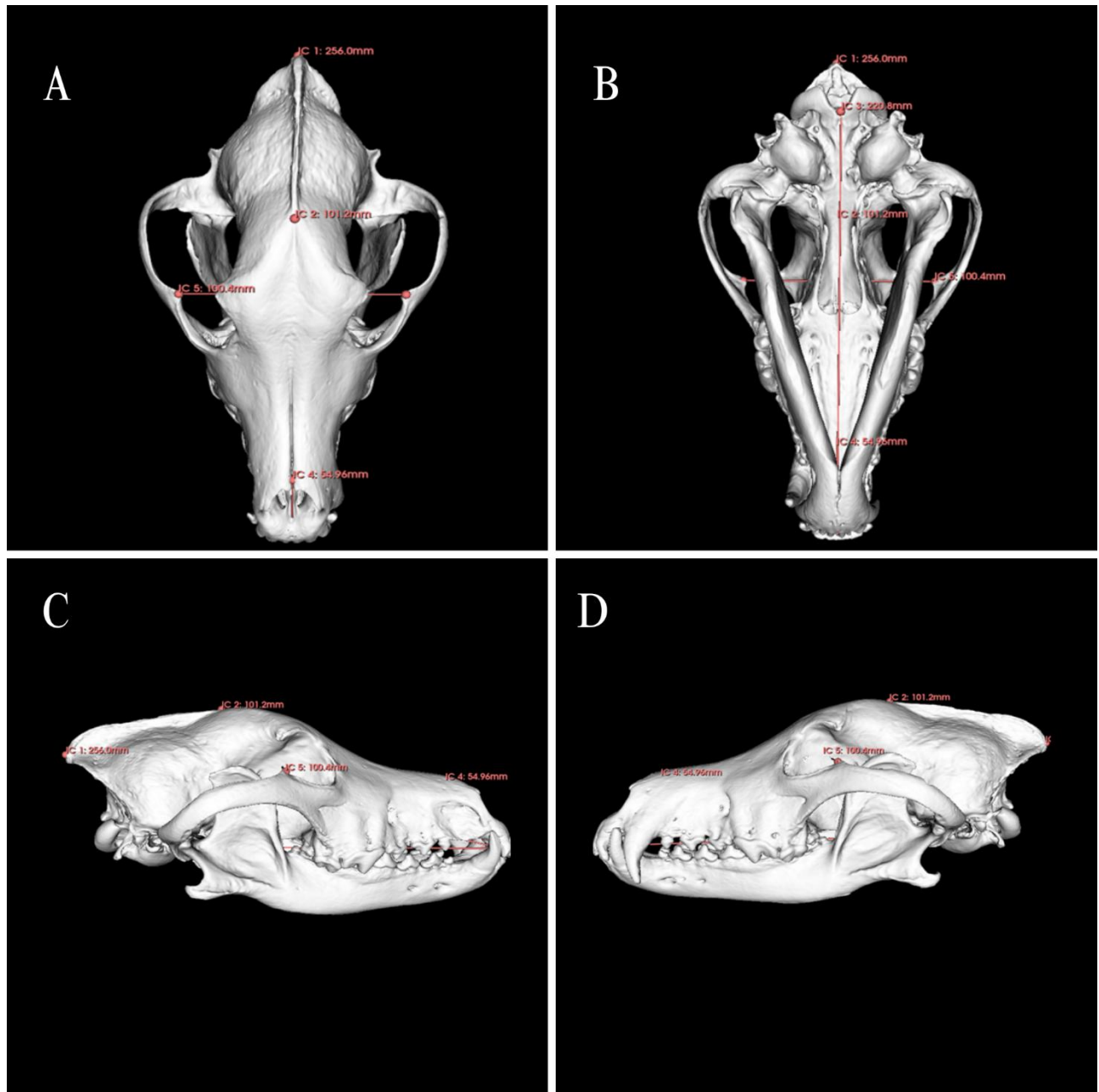
**Figura 12.** Fotografía de un cráneo de zorro chilla (*L. griseus*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



**Figura 13.** Tomografía reconstruida de un cráneo de zorro culpeo (*L. culpeus*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.

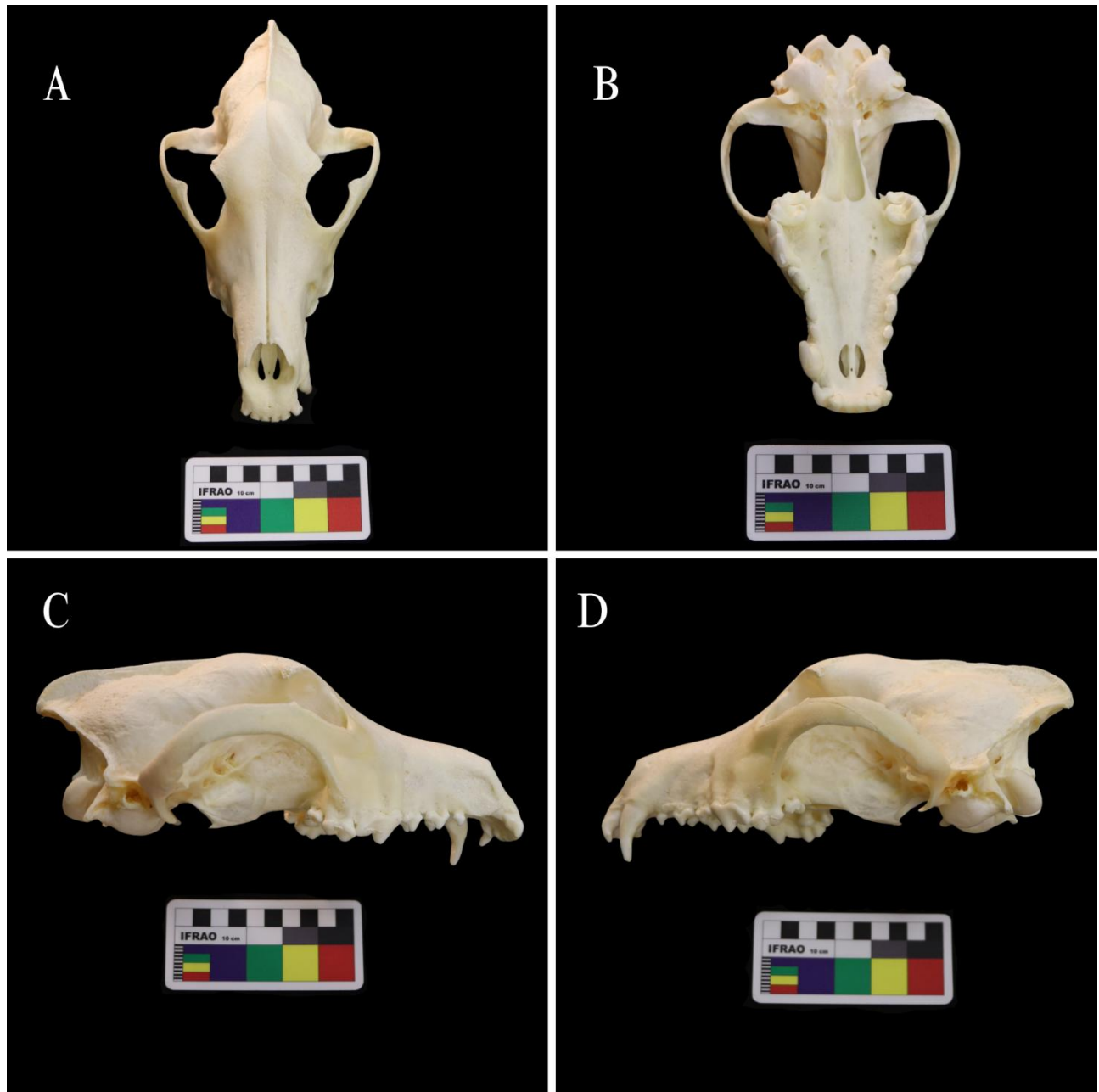


**Figura 14.** Fotografía de un cráneo de zorro culpeo (*L. culpaeus*). A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



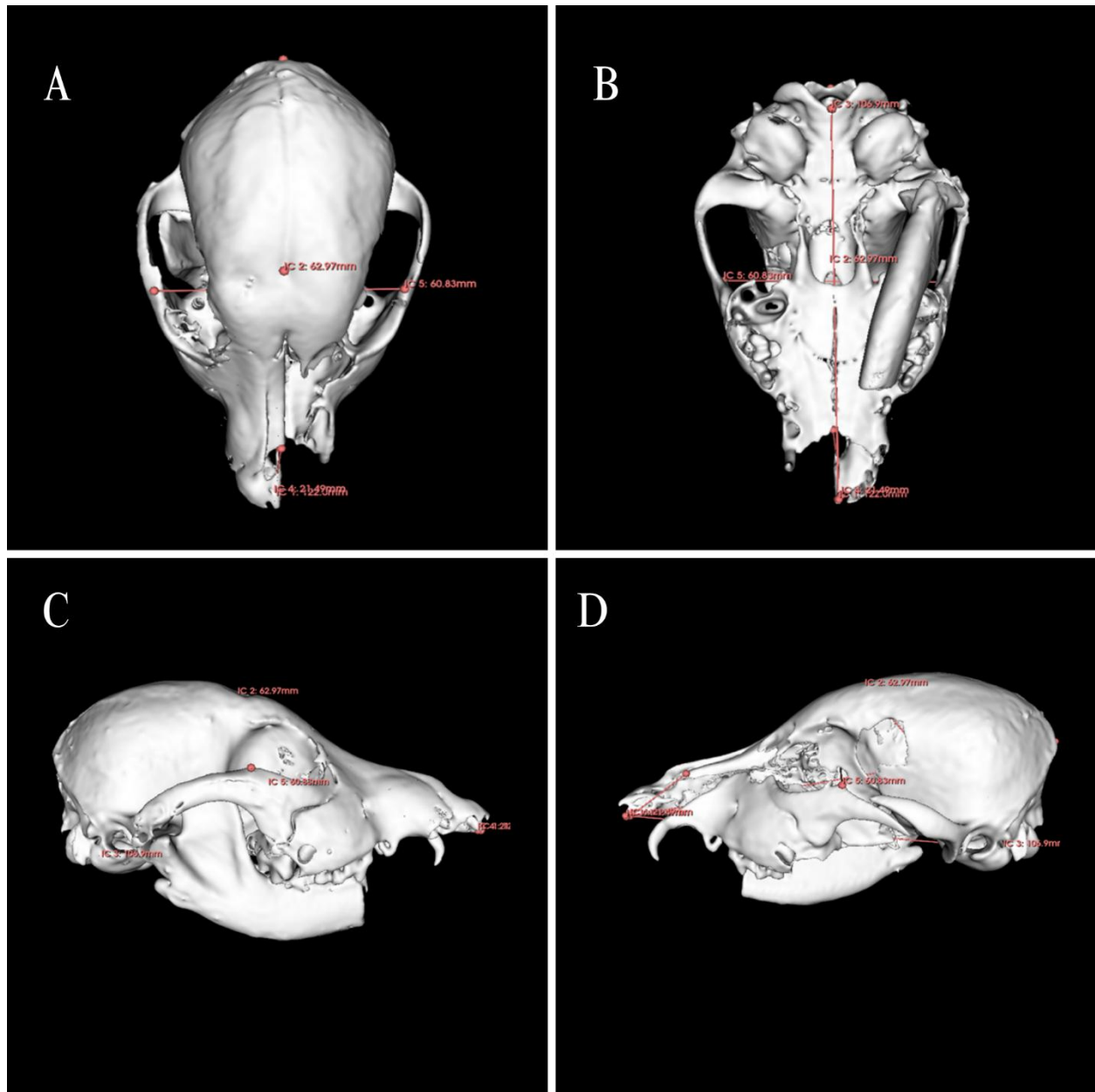
**Figura 15.** Tomografía reconstruida de un cráneo de lobo europeo (*C. lupus*), A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.





**Figura 16.** Fotografía de un cráneo de lobo europeo (*C. lupus*), A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.

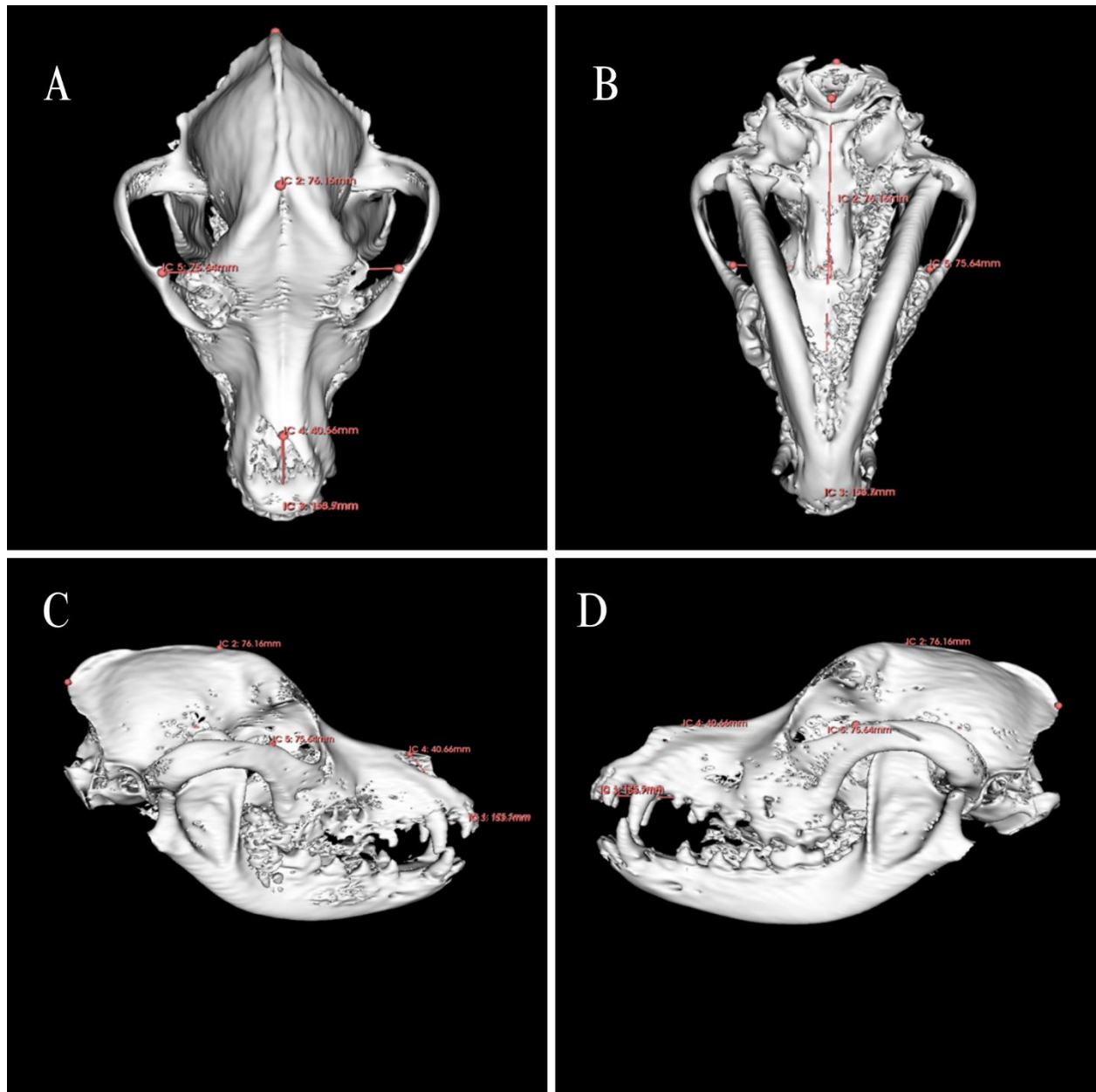




**Figura 17.** Tomografía reconstruida de un cráneo de momia canina (1). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



**Figura 18.** Fotografía de una momia canina (1). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural.



**Figura 19.** Tomografía reconstruida de momia canina (2). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural. A: vista dorsal; B: vista ventral; C: Vista lateral derecha; D: Vista lateral izquierda.



**Figura 20.** Fotografía de una momia canina (2). Ejemplar perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural.

A continuación, se detallan cada una las mediciones obtenidas en el posicionamiento de los puntos anatómicos para así obtener los índices craneales descritos, todas estas mediciones fueron calculadas y dispuestas en milímetros (Véase Tabla 3).

**Tabla 3.** Tabla correspondiente a las mediciones obtenidas en cada cráneo a través del software de reconstrucción tridimensional 3D slicer.

Cráneo	Bóxer	Galgo	Cocker Spaniel	Zorro chilote	Zorro chilla	Zorro culpeo	Lobo europeo	Momia 1	Momia 2
<b>IC 1</b>	157.4 mm	194.1 mm	154.7m m	133.9m m	127.4m m	162.9m m	256.0mm	122.0 mm	175.5m m
<b>IC 2</b>	71.84 mm	73.17 mm	68.00m m	62.28m m	58.21m m	60.41m m	101.2mm	62.97 mm	76.16m m
<b>IC 3</b>	135.1 mm	174.3 mm	135.3m m	119.4m m	115.5m m	146.2m m	220.8mm	106.9 mm	153.7m m
<b>IC 4</b>	33.35 mm	35.15 mm	30.39m m	23.41m m	18.74m m	23.03m m	54.96mm	21.49 mm	40.66m m
<b>IC 5</b>	91.00 mm	76.94 mm	76.70m m	55.85m m	56.99m m	69.47m m	100.4mm	60.83 mm	75.64m m

**IC 1: Longitud total del cráneo; IC 2: Altura craneal; IC 3: Longitud basal del cráneo;  
IC 4: Longitud rostro cráneo; IC 5: Anchura cigomática.**

## 5. DISCUSIÓN

Los perros arqueológicos adultos con una conformación craneal más ancestral son mucho más similares a los lobos adultos que los grupos que han sido seleccionados artificialmente como el Bóxer, Cocker Spaniel y Galgo, ya que los mencionados anteriormente como el Cocker Spaniel muestra variaciones craneométricas asociadas a patrones de pedomorfismo, es decir, la retención de características juveniles en la adultez, como el cráneo redondeado y el hocico corto. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado como resultado del proceso de domesticación, donde la selección dirigida por el humano favorece comportamientos y aspectos físicos asociados a la juventud (Sánchez-Villagra et al., 2016). Estos rasgos, además de contribuir a la apariencia de aspecto juvenil, también se relacionan con alteraciones estructurales del cráneo, que pueden compararse con patrones hallados en especímenes arqueológicos domesticados (Drake & Klingenberg, 2010).

En lo que respecta a características que han sido resultado de la domesticación y la selección artificial, tenemos el cráneo de la raza Bóxer que tiene una relación de anchura cigomática mucho mayor en comparación con los caninos prehispánicos (Véase Tabla “3”): Medida obtenida de anchura cigomática de Bóxer 91.00mm y medición de anchura cigomática en ejemplar prehistórico nombrado como momia canina uno de 60.83 mm, y medida de anchura cigomática de ejemplar prehistórico nombrado como momia canina dos de 75.64 mm). El Bóxer, igual que otras razas braquicéfalas, ha sido constantemente modelado artificialmente para presentar un biotipo de cráneo ancho y acortado, lo cual se diferencia significativamente de las proporciones craneales de los cánidos ancestrales no domesticados, estas características reflejan una manipulación selectiva del desarrollo craneofacial, a menudo sin una correlación directa con la función adaptativa. (Evans et al., 2009).

Es importante destacar que el neurocráneo puede evaluarse principalmente a través de la altura craneal (IC 2) y longitud basal del cráneo (IC 3), estas mediciones reflejan el desarrollo del encéfalo y su cavidad (Drake & Klingenberg, 2010). En caninos domesticados con pedomorfosis (como el Cocker Spaniel o Galgo), el neurocráneo tiende a ser proporcionalmente menor en relación con el rostro, comparado con especies

silvestres o prehispánicas. El Bóxer tiene una altura craneal de 71.84 mm, mientras que el lobo europeo alcanza los 101.2 mm, evidenciando un mayor desarrollo del neurocráneo en el lobo. El Galgo (68 mm) y el Cocker Spaniel (62.28 mm) también muestran alturas reducidas, coherentes con la selección artificial y su morfología más pedomórfica (Drake & Klingenberg, 2010).

El Galgo presenta una longitud total del cráneo (IC 1) de 194 mm, una de las mayores en la tabla, lo que se relaciona con su cráneo dolicocefalo (alargado), adaptado para una vida cursorial (velocidad), su cara alargada y su neurocráneo relativamente más reducido en altura (IC 2: 68 mm) le otorgan un perfil aerodinámico (Wayne, 1986).

El lobo europeo presenta la mayor longitud total del cráneo (IC 1: 256 mm) y una gran anchura cigomática (IC 5: 100.4 mm), lo que indica un cráneo desarrollado y robusto, típico de especies no domesticadas. El ejemplar prehispánico 2 (IC 1: 175.5 mm, IC 5: 75.64 mm) tiene proporciones intermedias, pero con una forma más similar al lobo que al Bóxer o Cocker Spaniel, lo que sugiere una forma menos intervenida por la selección artificial. Esta similitud respalda la presencia de caracteres ancestrales y apoya la hipótesis de pedomorfosis en razas modernas (Sánchez-Villagra *et al.*, 2016).

Los zorros sudamericanos, como el zorro chilote, chilla y culpeo, presentan cráneos proporcionalmente más pequeños (IC 1 entre 127–162.9 mm) y una anchura cigomática moderada (IC 5 entre 56.99–69.47 mm), lo que concuerda con su tamaño corporal menor y su dieta generalista. Estas proporciones reflejan una morfología funcional adaptada a la vida silvestre, donde los requerimientos ecológicos y tróficos modelan directamente la estructura craneal (Wayne, 1986; Zeder, 2012). A diferencia de las razas caninas domésticas, que pueden presentar variabilidad morfológica inducida por selección humana, los zorros mantienen una forma más conservadora, optimizada por la selección natural (Sánchez-Villagra *et al.*, 2016; Drake & Klingenberg, 2010).

Por el contrario, el lobo europeo (*Canis lupus lupus*) muestra una morfología claramente adaptada a su rol ecológico como superdepredador. Su cráneo presenta la mayor longitud total (IC 1: 256 mm) y la mayor anchura cigomática (IC 5: 100.4 mm) entre los ejemplares analizados, permitiendo una mayor superficie para la inserción de músculos masticatorios como el masetero y el temporal (Wayne, 1986; Evans & de Lahunta, 2013).

Esta configuración robusta se asocia a su capacidad para cazar presas grandes y sobrevivir en entornos fríos, en los que la eficiencia biomecánica de la mordida representa una ventaja adaptativa clave (Zeder, 2012; Perri et al., 2021).

Estas diferencias entre zorros y lobos ilustran cómo la selección natural mantiene formas craneales funcionales en cánidos silvestres, mientras que, en el caso de los perros domesticados, la selección artificial ha promovido una enorme diversidad morfológica, muchas veces sin correlación con la función biológica (Drake & Klingenberg, 2010; Coppinger & Coppinger, 2002). La domesticación, al interferir con las trayectorias normales del desarrollo craneofacial, ha dado lugar a variaciones como el acortamiento facial, reducción del neurocráneo o incluso braquicefalia extrema en algunas razas (Sánchez-Villagra et al., 2016; Kershaw et al., 2019).

En síntesis, el análisis morfométrico tridimensional aplicado a cráneos de cánidos prehispánicos, silvestres y domésticos evidenció patrones diferenciados de desarrollo craneofacial que reflejan tanto la presión de selección natural como la intervención humana en los procesos de domesticación. El uso de tomografía computarizada en combinación con software especializado permitió una evaluación precisa y no invasiva de estructuras anatómicas complejas, fortaleciendo su valor metodológico en investigaciones evolutivas y arqueozoológicas (Zelditch et al., 2004; Acosta & Tambussi, 2006). Las diferencias morfológicas observadas entre los ejemplares silvestres (como el zorro chilote o el lobo europeo) y las razas domésticas modernas (como el bóxer y el cocker spaniel) se alinean con trayectorias de desarrollo divergentes: mientras los primeros mantienen una conformación funcional asociada a su ecología natural, los segundos han sido modelados por selección artificial, presentando formas braquicéfalas o pedomórficas, muchas veces desvinculadas de exigencias adaptativas (Drake & Klingenberg, 2010; Sánchez-Villagra et al., 2016). Asimismo, los ejemplares prehispánicos muestran una morfología intermedia, lo que sugiere un estadio temprano o menos intervenido en el proceso de domesticación, reforzando la hipótesis de que los cambios craneales en perros modernos son producto de modificaciones heterocrónicas, como la pedomorfosis (Gould, 1977; Trut, 1999). De este modo, el presente estudio no solo contribuye a la caracterización anatómica comparada de los cánidos, sino que



también ofrece una base para futuras investigaciones sobre la evolución morfológica inducida por la interacción humano-animal.

## 6. CONCLUSIONES

- La importancia de la presente memoria radica en la comprensión y el aprendizaje sobre la historia y evolución de los cánidos, considerando ejemplares prehispánicos como contemporáneos domésticos y silvestres. Al analizar las características morfológicas del cráneo de estos diversos grupos a través de métodos morfométricos, es posible observar cómo los factores ecológicos, culturales y evolutivos han influido en su anatomía craneal. En el caso de los cánidos prehispánicos, los datos obtenidos permiten contextualizar su rol dentro de las sociedades humanas antiguas, así como su posible domesticación o existencia junto a poblaciones humanas. A diferencia de estos, los cánidos silvestres actuales conservan rasgos funcionales asociados a la selección natural, mientras que los cánidos domésticos modernos exhiben alteraciones morfológicas producto de la selección artificial, muchas veces con fines estéticos o funcionales específicos.
- Al comparar las mediciones de los puntos anatómicos de los cráneos de cánidos contemporáneos silvestres y domésticos, se evidenciaron diferencias significativas en proporciones craneales generales, como la relación entre la longitud del cráneo y el rostro, así como en la robustez de las estructuras óseas. Los cánidos silvestres, como *Lycalopex spp.* y *C. lupus lupus*, presentan cráneos más alargados y estrechos, con arcos cigomáticos más delgados y procesos occipitales bien definidos, lo que sugiere adaptaciones funcionales al esfuerzo mecánico asociado a la caza activa. En cambio, los ejemplares domésticos analizados mostraron una morfología más compacta, con mayor variabilidad en los índices craneométricos, particularmente en la proporción facial y la amplitud de la caja craneana.
- El estado de la momia “1” interfirió en que no se pudiese obtener mediciones precisas en este individuo y así mismo no se asume como resultado concluyente la longitud total del cráneo y la anchura cigomática, se obtuvo el estimado para estas medidas con la longitud presente del hueso nasal existente en el ejemplar prehispánico.

- Al comparar las mediciones de los puntos anatómicos se evidenció que la momia 1 presenta características craneales similares a cánidos contemporáneos de raza Cocker Spaniel, mientras que la momia 2 presenta mayor variación en la longitud y anchura cigomática y un parecido morfológico mucho mayor a la conformación craneal presente en el lobo europeo, de igual manera al no tener los años exactos de las momias, esto podría darse en base a una diferencia de edad de las momias, ya que pudiesen ser individuos adultos o más bien juveniles. Por lo que, es necesario realizar estudios complementarios a esta investigación para así tener una data exacta de los individuos y obtener un resultado preciso. Complementario a esto, idealmente la forma del cráneo adulto de un cánido no debería usarse como un indicador completamente confiable de los procesos de domesticación en el perro, ya que pudiese haber diferentes variaciones morfológicas y ontogenéticas en relación con diversos perros prehispánicos y contemporáneos, por tanto, también deben hacerse estudios genéticos y anatómicos del individuo completo para lograr resultados concluyentes y fiables. Aunque generalmente se asume que la morfología craneal de los perros adultos es un buen indicador de la domesticación en curso y los regímenes de selección artificial, los datos obtenidos en este estudio permiten evaluar este planteamiento.

Se espera que la información recopilada y analizada en este trabajo sea parte de una publicación científica.

## 7. REFERENCIAS

1. Acosta, J., & Tambussi, C. P. (2006). Análisis morfométrico craneano en cánidos fósiles del Cuaternario tardío del norte argentino. *Ameghiniana*, 43(3), 579–590.
2. Aguinaga, H. F., Rivera, J. A., Tamayo, L. J., Tobón, M., & Osorno Ch, R. C. (2006). Tomografía axial computarizada y resonancia magnética para la elaboración de un atlas de anatomía segmentaria a partir de criosecciones axiales del perro. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19(4), 451-459.
3. Alberch, P., Gould, S. J., Oster, G. F., & Wake, D. B. (1979). Size and shape in ontogeny and phylogeny. *Paleobiology*, 5(3), 296–317.
4. Alpak H, Mutuş R., Onar V (2004). Correlation of the skull and long bone measurements of the dog, in *Annals of Anatomy* 186:323–330.
5. Anyonge, W. (2006). Craniofacial morphology and feeding behavior in *Canis dirus*, the extinct Pleistocene dire wolf. *Journal of Zoology*, 269(3), 309–316. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00043.x>
6. Borja Figueirido et al. “Habitat changes and changing predatory habits in North American fossil canids” *Nature Communications* 6:7976 | DOI: 10.1038/ncomms8976 18 de agosto de 2015
7. Coppinger, R. & Schneider, R. In *The domestic dog: its evolution, behaviour, and interactions with people* (ed. Serpell, J.) 21–47 (Cambridge University Press, 1995).
8. Coppinger, R., & Coppinger, L. (2002). *Dogs: a new understanding of canine origin, behavior and evolution*. University of Chicago Press.
9. Dechambre, E. La theorie de la foetalisation et la formation des races de chiens et de porcs. *Mammalia* 13, 129–137 (1949).

10. Drake, A. G., & Klingenberg, C. P. (2010). Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: disparity and modularity. *The American Naturalist*, 175(3), 289–301. <https://doi.org/10.1086/650372>
11. Evans H, A De Lahunta. 2013. The Skeleton. Miller's anatomy of the dog. 4rd ed. In: Evans H, A De Lahunta (eds). Saunders, St Louis, USA, Pg 92-99.
12. Evans, H. (1993) The skeleton. In: Miller, M., (Ed.) Miller's anatomy of the dog, 3rd edn. pp. 122-218. Philadelphia: WB Saunders.
13. Evans, H. E., de Lahunta, A., & Miller, M. E. (2009). Miller's Anatomy of the Dog (4th ed.). Saunders Elsevier.
14. Goodwin, D., Bradshaw, J. W. S., & Wickens, S. M. (1997). Paedomorphosis affects agonistic visual signals of domestic dogs. *Animal Behaviour*, 53(2), 297–304.
15. Gould, S. J. (1977). Ontogeny and Phylogeny. Cambridge, MA: Harvard University Press.
16. Harano, T., & Asahara, M. (2022). Correlated evolution of craniodental morphology and feeding ecology in carnivorans: a comparative analysis of jaw lever arms at tooth positions. *Journal Of Zoology*, 318(2), 135-145. <https://doi.org/10.1111/jzo.13005>
17. Hofer, M. (2005). *Tomografia computadorizada: manual práctico de ensino*. Revinter.
18. Iljin, N.A. Wolf-dog genetics. *Journ. of Genetics* 42, 359–414 (1941). <https://doi.org/10.1007/BF02982879>
19. Jensen, P. (Ed.). (2007). The Behavioural Biology of Dogs. CABI Publishing, Wallingford, UK. ISBN: 978-1-84593-187-2

20. Kamil, A. (2012). MRI Mensuration of the Canine Head: the Effect of Head Conformation on the Shape and Dimensions of the Facial and Cranial Regions and Their Components. Tesis de Doctorado. Glasgow, Ucrania, University of Glasgow
21. Kershaw, J. L., Homan, J., & Dillon, A. (2019). Morphological variation and brachycephaly in domestic dogs: A comparative cranial analysis. *Veterinary Journal*, 246, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.02.003>
22. Krämer, E. M. Faszination Rassehunde—Herkunft & Aufgaben, Temperament & Wesen. (Franckh-Kosmos Verlag, 2013).
23. Leonard, J. A., Wayne, R. K., & Cooper, A. (2002). Ancient DNA evidence for old world origin of New World dogs. *Science*, 298(5598), 1613–1616. <https://doi.org/10.1126/science.1076983>
24. McKinney, M. L., & McNamara, K. J. (1991). Heterochrony: The evolution of ontogeny. New York: Plenum Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0799-7>
25. Pennisi, E. (2002). The domestication of social cognition in dogs. *Science*, 298(5598), 1540–1542. <https://doi.org/10.1126/science.298.5598.1540>
26. Pereira, C. (2004). Tomografía Axial Computada. *XIII Seminario de Ingeniería biomédica*.
27. Perri, A. R., Feuerborn, T. R., Frantz, L. A. F., Larson, G., Malhi, R. S., Meltzer, D. J., & Witt, K. E. (2021). Dog domestication and the dual dispersal of people and dogs into the Americas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(6), e2010083118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010083118>.
28. Price, E. O. (2002). *Animal domestication and behavior*. CABI Publishing.
29. Sánchez-Villagra, M. R., Geiger, M., & Schneider, R. A. (2016). The taming of the neural crest: A developmental perspective on the origins of morphological

- covariation in domesticated mammals. *Royal Society Open Science*, 3(6), 160107.  
<https://doi.org/10.1098/rsos.160107>
30. Savolainen, P., Zhang, Y., Luo, J., Lundeberg, J., & Leitner, T. (2002). Genetic evidence for an East Asian origin of domestic dogs. *Science*, 298(5598), 1610–1613. <https://doi.org/10.1126/science.1073906>
  31. Sisson, S., & Grossman, J. D. (1974). *Anatomía de los animales domésticos*. J. B. Lippincott Company.
  32. Stockard, G. (1941) The genetic and endocrinic basis for differences in form and behavior, Philadelphia: Wistar Institute.
  33. Trut, L. N. (1999). Early canid domestication: The farm-fox experiment. *American Scientist*, 87(2), 160–169.
  34. Tseng, Z. J., & Flynn, J. J. (2015). Dental topographic proxies for ecological characteristics in carnivoran mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1814), 20151043.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1043>
  35. Valadez, J. (1997). *Del insectívoro al perro*. Editorial Limusa.
  36. Valadez, R., Leonard, J., & Vilá, C. (2003). El origen del perro americano visto a través de la biología molecular. *AMMVEPE*, 14(3), 73-82.
  37. Wayne, R. K. (1986). Cranial morphology of domestic and wild canids: The influence of development on morphological change. *Evolution*, 40(2), 243–261.  
<https://doi.org/10.2307/2408820>
  38. Zeder, M. A. (2012). Pathways to animal domestication. In *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability* (pp. 227–259). University of California Press.

39. Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). Geometric morphometrics for biologists: A primer. Elsevier Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/B978-012778460-1/50000-1>